

KOIRIEN VIRTSAKIVIEN KIRURGINEN HOITO – KIRJALLISUUSKATSAUS



Henna Aho

Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma

Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto

Pieneläinkirurgia

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto 2021

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare – Author Henna Aho			
Työn nimi - Arbetets titel – Title Koirien virtsakivien kirurginen hoito- kirjallisuuskatsaus			
Oppiaine - Läroämne – Subject Pieneläinkirurgia			
Työn laji - Arbetets art – Level Lisensiaatin tutkielma		Aika - Datum – Month and year Huhtikuu 2021	Sivumäärä - Sidoantal – Number of pages 56
<p>Tiivistelmä - Referat – Abstract</p> <p>Tässä kirjallisuuskatsauksessa perehdytään koirien virtsakivien kirurgiseen hoitoon, perustuen tähänhetkiseen tutkittuun tietoon. Aihe on rajattu alempien virtsateiden alueelle ja konservatiivinen hoito (ruokavalio, lääkehoito ja lisäravinteet) käsitellään vain pinnallisesti. Kirjallisuuskatsauksen on tarkoitus olla tiivis tietolähde helpottamaan oikean kirurgisen hoidon valintaa koirien virtsakivien hoidossa.</p> <p>Virtsakiviä on olemassa kuutta eri perustyyppiä: struviitti-, kalsiumoksalaatti-, uraatti-, kystiini-, silikaatti-, ja ksantiinikivet. Yleisimmät näistä ovat struviitti- ja kalsiumoksalaattikivet. Tyypillisiä oireita ovat verivirtsaisuus (hematuria), virtsaamisen vaikeus (dysuria), virtsaamisen tiheys (pollakiuria), kivulias virtsaaminen (stranguria) ja väärin paikkoihin virtsaaminen.</p> <p>Virtsakivien diagnosoinnissa käytetään apuna virtsa- ja verinäytteitä sekä kuvantamista. Virtsanäytteestä erityisen tärkeää on tutkia pH, ominaispaino ja sakka. Verinäytteet tutkitaan mahdollisen virtsakivien taustasyyn selvittämiseksi. Röntgenkuvaus on käytetyin kuvantamismenetelmä, jonka avulla voidaan havaita kalsiumoksalaatti-, struviitti-, kystiini- ja silikaattikivet. Ultraäänitutkimuksella havaitaan kaikki virtsakivityypit.</p> <p>Konservatiivista hoitoa suositellaan, kun virtsakivet voidaan saada liukenemaan ruokavalio-, lääke- ja/tai lisäravinnehoidolla. Kirurgista hoitoa suositellaan, jos liuotushoito ei ole kyseisen virtsakivityypin kohdalla mahdollinen, se on kontraindisoitu tai ei onnistu. Urohydropropulsaatiolla voidaan huuhdella virtsakivet nesteen ja paineen avulla virtsarakosta ulos ilman kirurgiaa. Virtsakivien tulee olla pienempiä, kuin virtsaputken halkaisija, jotta tämän toimenpiteen voi tehdä.</p> <p>Ensisijaisesti virtsakivet pyritään poistamaan kirurgisesti virtsarakosta ja kystotomia eli virtsarakon avausleikkaus onkin yleisin virtsakivien kirurginen poistotapa. Viilto virtsarakkoon tehdään ventraaliseen keskiliinjaan. Virtsarakko voidaan sulkea appositionaalisilla tai invertoivilla ompeleilla yhdessä tai kahdessa kerroksessa, tärkeintä on kuitenkin ottaa submukoosa mukaan otteeseen. Virtsakivet voidaan poistaa rakosta myös vähän kajoavasti tähystysavusteisella kystotomialla. Leikkauksen lopussa on tärkeää tarkastaa kuvantamismenetelmän avulla, että kaikki virtsakivet on poistettu. Virtsarakon haavat paranevat nopeasti. Yleisimmät leikkauksen komplikaatiot ovat hematuria tai dysuria, jotka menevät usein ohi itseksensä.</p> <p>Virtsaputkessa olevien virtsakivien poistoon suositellaan ensisijaisesti urohydropropulsaatiota eli retrohydropropulsaatiota, jolla tarkoitetaan juuttuneiden kivien huuhtelemista paineen ja nesteen avulla takaisin virtsarakkoon. Sieltä ne voidaan poistaa kirurgisesti tai litotripsia- avusteisesti. Litotripsiaassa virtsakiviä voidaan pilkkoa pienemmiksi paloiksi laserin avulla.</p> <p>Uretrotomiassa uroskoiran virtsaputki avataan väliaikaisesti putken juuttuneen virtsakiven poistamiseksi. Tavallisimmin toimenpide tehdään preskrotaalisesti. Leikkaushaava voidaan sulkea ompeleilla tai jättää paranemaan avoimena. Uretrostomiassa virtsaputken tehdään pysyvä avanne, jonka kautta koira virtsaa. Mikäli mahdollista, avanne tehdään kivespussin kohtaan skrotaalisesti, koska tällä alueella komplikaatoriskit ovat muita kohtia pienemmät. Avanne voidaan ommella yksittäisillä tai jatkuvilla ompeleilla ja sulamattomalla tai sulavalla langalla. Molempien virtsaputken leikkausten yleisin komplikaatio on verenvuoto.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords virtsakivi, virtsarakko, virtsaputki, koira, kirurgia, kystotomia, tähystysavusteinen, uretrotomia, uretrostomia, litotripsia			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) – Instruktör och ledare – Director and Supervisor(s) Työn johtaja: Outi Vapaavuori Työn ohjaaja: Sari Mölsä			

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS	3
2.1 VIRTSAATEIDEN ANATOMIA	3
2.2. VIRTSAKIVITYYPIT JA NIIDEN ETIOLOGIA	9
2.2.1 Struviittikivet	9
2.2.2 Kalsiumoksalaattikivet	9
2.2.3 Uraattikivet	10
2.2.4 Kystiinikivet	11
2.2.5 Silikaattikivet	12
2.2.6 Ksantiinikivet	12
2.3 VIRTSAKIVIEN AIHEUTTAMAT OIREET JA DIAGNOSTIIKKA	13
2.3.1 Virtsakivien aiheuttamat oireet ja yleistutkimuslöydökset	13
2.3.2 Virtsa- ja verinäytteiden tutkiminen	14
2.3.3 Kuvantaminen	14
2.4 KONSERVATIIVINEN HOITO	16
2.4.1 Ruokavalio, lääkehoito ja lisäravinteet osana virtsakivien hoitoa ja ennaltaehkäisyä	16
2.4.2 Urohydropropulsaatio	19
2.4.3 Urohydropropulsaatio	20
2.5 INDIKAATIOT LEIKKAUKSELLE	22
2.6 LEIKKAUKSEEN VALMISTAUTUMINEN	23
2.6.1 Leikkauksissa tarvittavat instrumentit ja muu apuvälineistö	23
2.6.2 Mikrobilääkkeiden käyttö leikkauksen yhteydessä	23
2.7 VIRTSAKIVIN KIRURGIA	24
2.7.1 Virtsarakon haavojen paraneminen	24
2.7.2 Ommeltyypit ja -materiaalit	24
2.7.3 Kystotomia	27
2.7.4 Tähystysavusteinen kystotomia	30
2.7.5 Postoperatiivinen hoito ja komplikaatiot	30
2.8 VIRTSAPUTKEN KIRURGIA	32
2.8.1 Virtsaputken haavojen paraneminen	32
2.8.2 Ommeltyypit ja -materiaalit	32
2.8.3 Uretrotomia	34

2.8.4 Uretrostomia	37
2.8.5 Postoperatiivinen hoito ja komplikaatit	40
2.9 KIVIEN MURSKAAMINEN LITOTRIPSIALLA	42
3 POHDINTA.....	44
4 LÄHTEET	47

1 JOHDANTO

Virtsakivet ovat koirien yleinen ja usein uusiutuva vaiva (Low ym. 2010). Virtsakivet ärsyttävät virtsarakon ja – putken seinämää, ne voivat aiheuttaa virtsatieinfektion tai syntyä infektion seurauksena. Lisäksi virtsakivet voivat myös aiheuttaa virtsaputkeen virtsatietukoksen (Bartges ja Callens 2015).

Tyypillisesti virtsakivien aiheuttamat oireet ovat samanlaisia, kuin muidenkin alempien virtsatesairauksien yhteydessä. Oireita voivat olla verivirtsaisuus (hematuria), virtsaamisen vaikeus (dysuria), virtsaamisen tiheys (pollakiuria), kivulias virtsaaminen (stranguria) ja väärin paikkoihin virtsaaminen. Virtsatietukoksessa oireina voivat olla lisäksi oksentaminen ja äkillinen vaisuus (Lipscomb 2012).

Yhteistä kaikkien virtsakivityyppien muodostumisessa on virtsan ylikyllästyminen mineraaleilla, jonka seurauksena syntyy virtsakiteitä ja lopulta virtsakiviä (Bartges ja Callens 2015). Koirilla esiintyviä virtsakivityyppejä ovat struviitti-, kalsiumoksalaatti-, uraatti-, kystiini-, silikaatti- ja ksantiinikivet. Virtsakivityypeistä esiintyy yleisimmin struviitti- ja kalsiumoksalaattikiviä (Osborne ym. 2008).

Virtsakiviä voidaan hoitaa konservatiivisesti tai kirurgisesti (Lipscomb 2012, Lulich ym. 2016). Konservatiivista hoitoa suositellaan, kun virtsakivet voidaan saada liukenemaan ruokavalio-, lääke- ja/tai lisäravinnehoidolla (Lulich ym. 2016). Jos virtsarakossa olevat virtsakivet ovat pienempiä kuin virtsaputken halkaisija, ne voidaan mahdollisesti poistaa urohydropropulsaatiolla (Lulich ym. 1997). Kirurgista hoitoa suositellaan, jos liuotushoito ei ole kyseisen virtsakivityypin kohdalla mahdollinen, se on kontraindisoitu tai se ei onnistu (Lipscomb 2012, Lulich ym. 2016). Ensisijaisesti virtsakivet pyritään poistamaan aina virtsarakosta, jonne mahdollisesti virtsaputkessa olevat kivet huuhdellaan urohydropulsaatiolla (Lulich ym. 2016). Ääritapauksissa virtsakiviä voidaan joutua poistamaan virtsaputkesta uretrotomian tai uretrostomian avulla (Smeak 2000).

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on perehtyä koirien virtsakivien kirurgiseen hoitoon, perustuen tämänhetkiseen tutkittuun tietoon. Työssä käydään läpi virtsakivien diagnostiikkaa, leikkausten indikaatiot ja kirurgiset tekniikat, postoperatiivinen hoito, mahdolliset komplikaatiot ja hoitotulokset. Aihe on rajattu alempien virtsateiden

alueelle, joten kirurgiset tekniikat on kuvattu vain virtsarakosta ja -putkesta poistettavien virtsakivien osalta. Konservatiivinen hoito (ruokavalio, lääkehoito ja lisäravinteet) käsitellään vain pinnallisesti.

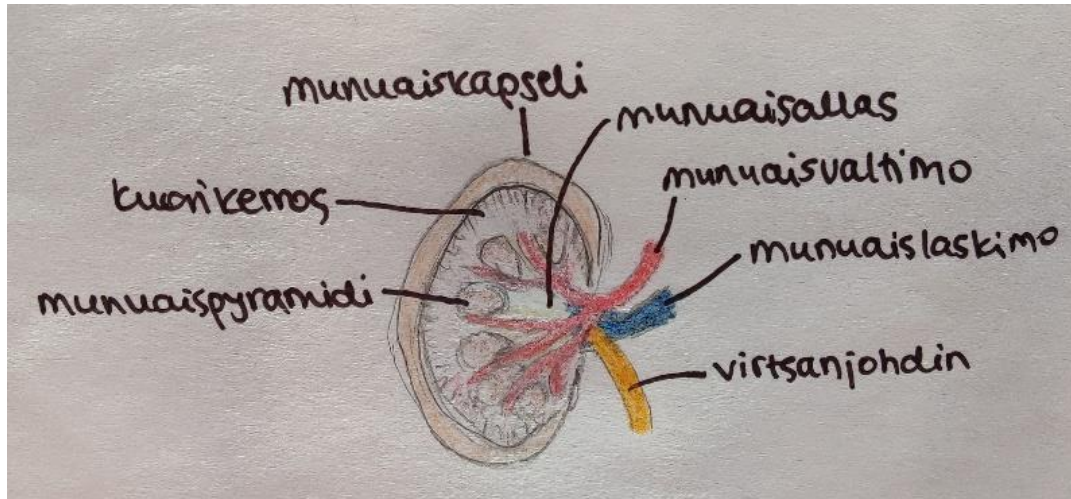
2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 VIRTSAATEIDEN ANATOMIA

Virtsanerityselimistöön kuuluvat ylemmät ja alemmat virtsatiet. Ylempiin virtsateihin kuuluvat munuaiset (*renes*) ja virtsanjohtimet (*ureter*), alempiin virtsarakko (*vesica urinaria*) ja virtsaputki (*urethra*). Molemmat munuaiset sijaitsevat vatsakalvontakaisessa tilassa (*spatium retroperitoneale*). Vasen munuainen sijaitsee oikeaa munuaista taempana. Munuaisen keskimääräinen koko koirilla on seuraava: pituus 6-9 cm, leveys 4-5 cm ja paksuus 3-4 cm, koiran koosta riippuen. Munuaisten ympärillä on sidekudoksesta muodostunut kapseli (kuva 1). Munuaisen ulointa kerrosta kutsutaan kuorikerrokseksi (*cortex renis*), seuraavana on ydin (*medulla*). Sisimpänä on sinus ja munuaisportti (*hilus renalis*), jotka sijaitsevat munuaisen koveralla mediaalipuolella. Sinuksen kautta virtsanjohtimet, valtimot, laskimot, imusuonet ja hermot kulkevat munuaisesta muualle elimistöön. Valtimo sijaitsee dorsaalisesti ja laskimo ventraalisesti. Erityisesti laskimoita voi olla yhden sijaan kaksi, mutta tämä on mahdollista myös valtimoilla. Imusuonet ja hermot kulkevat yhteisessä kimpussa lähellä laskimoa (Evans ym. 2013).

Koiran munuaisessa on noin 500 000 nefronia. Nefroni (*nephron*) on munuaisen toiminnallinen yksikkö, joka koostuu glomeruluksesta eli hiussuonikeräsestä, proksimaalisesta tubuluksesta, Henlen lingosta, jossa on nouseva ja laskeva osa, distaalisesta tubuluksesta sekä kokoojaputkesta (Evans ym. 2013). Hiussuonikeräsessä suodatetaan verisuonista paineen avulla alkuvirtsa, jossa on vettä, ureaa, kreatiniinia sekä muita pieniä partikkeleita. Juxstaglomerulaaelin sijaitsee distaalisen tubuluksen vieressä ja se säätelee hiussuonikeräsen toimintaa sekä elimistön verenpainetta. Proksimaalisessa tubuluksessa alkuvirtsaan päässeet ravintoaineet otetaan takaisin elimistöön. Henlen lingossa natriumia, kloridia ja vettä palautetaan elimistöön, jolloin virtsa väkevöityy. Distaalisessa tubuluksessa ja kokoojaputkessa säädellään happo- ja emästasapainoa sekä lopullisen veden määrää virtsassa (Tobias ja Tillson 2012). Hiussuonikeräset sijaitsevat munuaisen kuorikerroksessa, muut osat nefroneista sijaitsevat ytimen alueella munuaispyramideissa (*pyramis renalis*). Munuaispyramideissa on papillaarisia tiehyitä, jotka kokoavat virtsan munuaisnystyn (*papilla renalis*) kautta sinuksessa sijaitsevaan munuaisaltaaseen (*pelvis renalis*). Virtsanjohtimet lähtevät

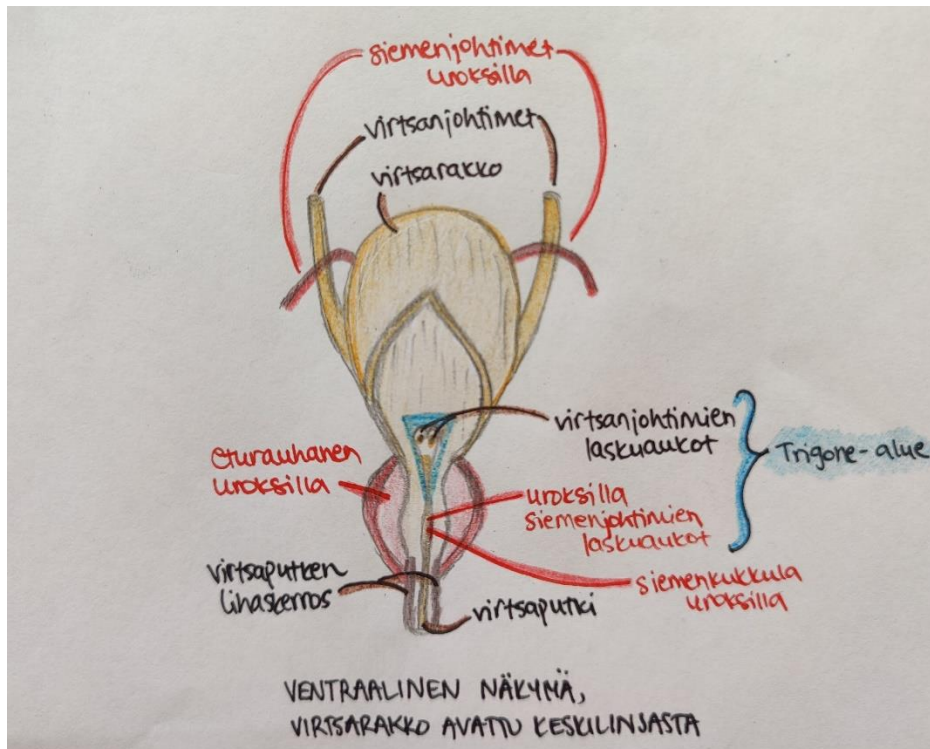
munuaisaltaasta ja laskevat virtsarakkoon, jonne ne kuljettavat ja varastoivat virtsan (Evans ym. 2013).



Kuva 1. Halkaistun munuaisen rakenne (Henna Aho 2021)

Virtsanjohtimet kulkevat retroperitoneaalitilassa. Normaalisti virtsanjohtimet ovat halkaisijaltaan 0,07 x toisen lannenikaman pituus (Tobias ja Tillson 2012). Oikea virtsanjohdin on hieman vasenta pidempi, johtuen siitä, että oikea munuainen sijaitsee kauempana virtsarakosta. Oikea virtsanjohdin kulkee takaonttolaskimon (*vena cava caudalis*) läheisyydessä. Virtsanjohtimet laskevat virtsarakkoon sen dorsaalipinnalla hieman vinosti ja kulkevat hetken intramuraalisesti, jonka jälkeen avautuvat rakomaisesti virtsarakkoon (Evans ym. 2013).

Virtsarakko jaetaan kolmeen osaan: kaulaosaan (*cervix vesicae*), joka on yhteydessä virtsaputkeen, sekä runko- (*corpus vesicae*) ja kärkiosa (apex vesicae). Kolmiomainen trigone-alue (*trigonum vesicae*) sijaitsee virtsarakon kaulan alueella (kuva 2). Kolmion kärki muodostuu virtsaputken laskukohtaan ja virtsanjohtimien tulokohdat muodostavat kolmion kannan (Evans ym. 2013).



Kuva 2. Virtsarakon rakenne ventraalisesti katsottuna (Henna Aho 2021)

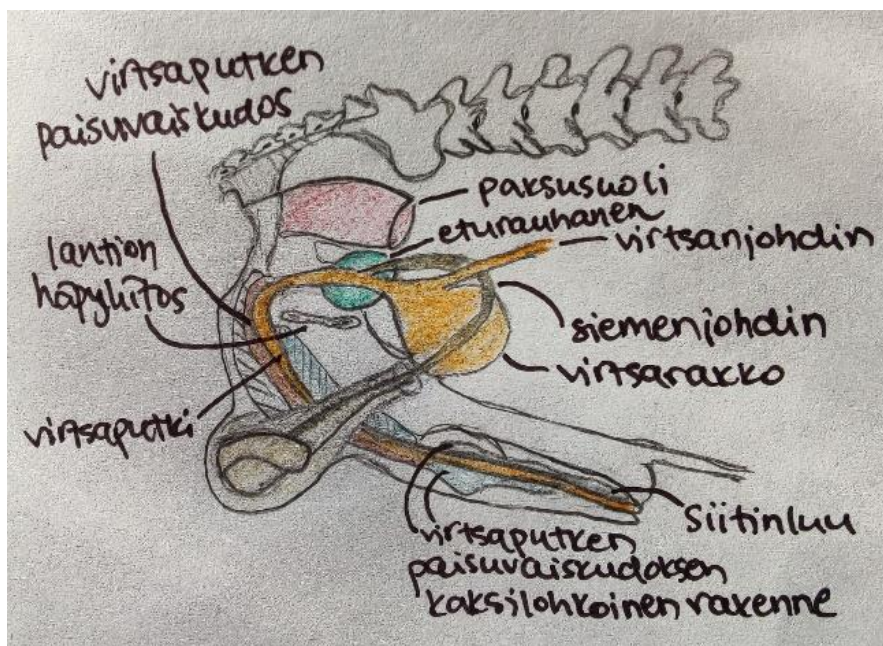
Virtsarakon seinämä koostuu mukoosasta, submukoosasta, sileästä lihaksesta (*musculus detrusor vesicae*) ja seroosasta. Mukoosa koostuu välimuotoisesta epiteelistä ja submukoosa sidekudoksesta. Seroosa on virtsarakoin uloin kerros. Normaalisti virtsarakon seinämä on hyvin ohut, mutta ärtyessään se paksuuntuu nopeasti (Lipscomb 2012).

Virtsarakon ventraalipuolella on mediaalinen ligamentti (*lig. vesicae medianum*), joka kulkee rakosta linea albaan ja häpyliitokseen. Virtsarakon dorsaalipuolella kraniaalisesti ovat ohutsuolisto ja laskeva paksusuoli. Lisäksi uroksilla on virtsarakon kaulan dorsaalipuolella siemenjohtimet sekä nartuilla kohdun kaula- ja runko-osa. Lateraaliset ligamentit (*lig. vesicae laterales*) sijaitsevat lateraalipuolilla virtsarakkoa ja kiinnittyvät lantioluun seinämiin. Ventraalisesti virtsarakko on vasten vatsakalvoa ja vatsaontelon seinämää. Virtsarakon ollessa tyhjänä, se makaa kokonaan lantio-ontelossa (Evans ym. 2013).

Verenkierto tulee kaudaalisten vesikaalisten valtimoiden (*arteriae vesicalis caudalis*) kautta. Nämä ovat haaroja emättimen (*arteria vaginalis*) tai eturauhasen (*arteria prostatica*) valtimoista, jotka puolestaan ovat sisemmän pudendaalisen valtimon

(*arteria pudenda interna*) haaroja, joka on lantion sisemmän valtimon (*arteria iliaca interna*) päähaara. Virtsarakosta lähtevät laskimot laskevat suoraan sisempään pudendaaliseen laskimoon (*vena iliaca interna*). Virtsarakon imusuonitiehyet kuljettavat imunesteet vatsanpuoleiseen imusolmukkeeseen (*lymphonodus hypogastricus*) sekä lantion alueen imusolmukkeeseen (*lymphonodus lumbaris*) (Evans ym. 2013).

Sympaattisen hermojärjestelmän hermottama poikkijuovainen virtsaputken lihas huolehtii virtsan varastoinnista. Sakraalipunoksen (*nn. sacrales*) ja pudendaalisen hermon (*n. pundendus*) haarat huolehtivat sympaattisesta hermotuksesta (Evans ym. 2013). Virtsarakon venytysreseptorit aktivoituvat, kun rakko täyttyy. Tämä vähentää sympaattisen hermoston aktiivisuutta ja stimuloi parasympaattista hermostoa, joka vastaa virtsarakon sileän lihaksen hermottamisesta. Tällöin sileä lihas supistuu, jonka seurauksena virtsaamisrefleksi käynnistyy (Lipscomb 2012).

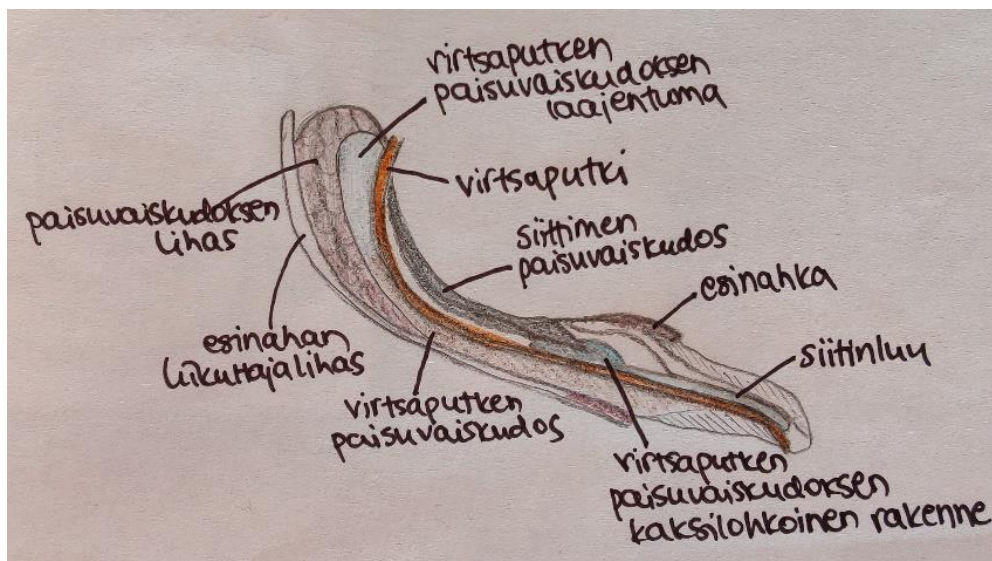


Kuva 3. Uroksen anatomia lateraalisesti kuvattuna (Henna Aho 2021)

25 kg uroksella virtsaputki on noin 25 cm pituinen. Se kulkee virtsarakosta eturauhasen (*corpus prostata*) läpi penikseen (kuva 3) (Evans ym. 2013). Virtsaputken seinämä koostuu mukoosasta, submukoosasta ja lihaskerroksesta. Mukoosa koostuu

pääosin välimuotoisesta epiteelistä, muuttuen kuitenkin lähellä virtsaputken ulostuloaukkoa levyepiteeliksi (Lipscomb 2012). Virtsaputken sisäpinnan limakalvo on laskostunut, jotta se mahdollistaa virtsaputken laajenemisen paineen alla. (Evans ym. 2013). Virtsaputken seinämän lihaskerros on sileää lihasta. Lisäksi ympärillä on poikkijuovaista lihasta virtsaputken distaalisen 2/3 matkalla (Cuddy ja McAlinden 2012).

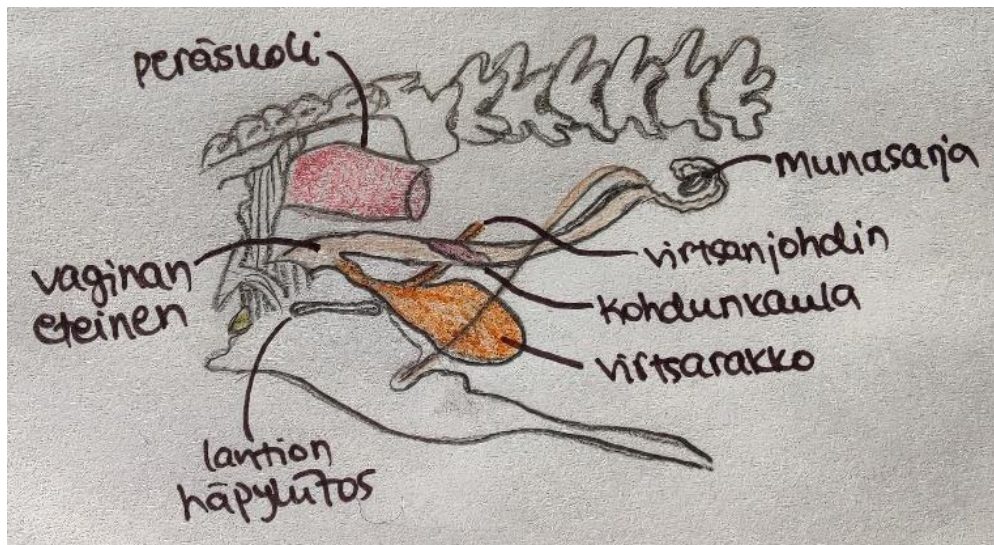
Eturauhanen on ainoa uroskoirien lisäsukupuolirauhanen ja se sijaitsee virtsaputken proksimaalipäässä virtsarakon kaudaalipuolella. Eturauhanen sijaitsee dorsaalisesti peräsuolta vasten ja ventraalisesti lantio-onteloa sekä vatsaontelon seinämää vasten. Kaksi siemenjohdinta (*ductus deferens*) kulkevat eturauhasen keskilinjan molemmilla puolilla ja laskevat omina aukkoinaan virtsaputken katossa olevan siemenkukkulan (*colliculus seminalis*) viereen, jonne laskevat myös eturauhasen lukuisat pienet tiehyeet. Eturauhasen päällä on paksu kapseli (*capsula prostatae*), jossa on paljon sileän lihaksen lihassyytä (Evans ym. 2013).



Kuva 4. Uroksen peniksen poikkileikkaus (Henna Aho 2021)

Uroksen penis koostuu kolmesta osasta: tyvestä (*radix penis*), runko-osasta (*corpus penis*) ja terskasta (*glans penis*). Perineaalialueella virtsaputki kulkee syvällä. Virtsaputken paisuvaiskudos (*corpus spongiosum penis*) ympäröi virtsaputkea (kuva 4). Lisäksi päällä on paisuvaiskudoksen lihas (*m. bulbospongiosus*). Virtsaputken

paisuvaiskudoksesta muodostunut kaksilohkoinen rakenne (*bulbus penis*) kulkee virtsaputken molemmilla puolilla, ja sen laajentunutta distaalipäätä kutsutaan terskaksi. Siittimen paisuvasen distaalipäässä on koirilla siitinluu (*os penis*), jonka sisällä virtsaputki kulkee ventraalisesti avautuvassa urassa. Siitinluun kaudaalipuolella virtsaputki kulkee pinnallisesti. Ventraalisesti katsottuna siitinluun kaudaalipuolella virtsaputken päällä on esinahan liikuttajalihas (*m. retractor penis*) ja vähän paisuvaiskudosta (Boothe 2012, Cuddy ja McAlinden 2012).



Kuva 5. Nartun anatomia lateraalisesti kuvattuna (Henna Aho 2021)

Nartun virtsaputki on samankaltainen kuin uroksella, noin 0,5 cm leveä ja 7-10 cm pitkä (kuva 5). Nartuilla virtsaputkessa on enemmän kollageenia ja vähemmän lihasta verrattuna uroksiin (Adin 2012, Cuddy ja McAlinden 2012). Virtsaputken dorsaalinen seinämä on yhteydessä ventraaliseen vaginan seinämään (Evans ym. 2013). Virtsaputken seinämän sileä lihaskerros koostuu nartuilla sisimmästä pitkittäisestä, keskimmäisestä poikittaisesta sekä ulommaisesta pitkittäisestä lihaskerroksesta. Virtsaputken pää aukeaa ventraalipinnalle vaginan eteiseen. Tahdonalaisesta poikkijuovaisesta lihaksesta koostuva virtsaputken sulkijalihas sijaitsee virtsaputken aukon alueella (Cuddy ja McAlinden 2012).

2.2. VIRTSAKIVITYYPIT JA NIIDEN ETIOLOGIA

Koirilla esiintyviä virtsakivityyppejä ovat struviitti-, kalsiumoksalaatti-, uraatti-, kystiini-, silikaatti- ja ksantiinikivet. Mahdollisia ovat myös näiden yhdistelmistä syntyneet virtsakivet, joiden esiintyvyys on 5-15 % kaikista virtsakivistä. Nykyisin yleisimpiä virtsakiviä ovat struviitti- ja kalsiumoksalaattikivet. Vuosikymmenten kuluessa yleisimpien virtsakivityyppien esiintyvyydessä on tapahtunut selkeitä muutoksia. Kun vuonna 1981 tutkituista virtsakivistä 78 % oli struviittikiviä ja 5 % kalsiumoksalaattikiviä, vuonna 2007 struviittikivien määrä oli vain 40 % ja kalsiumoksalaattikivien määrä oli noussut 41 %:iin (Osborne ym. 2008).

2.2.1 Struviittikivet

Struviittikiviä voi esiintyä millä vain koirarodulla. Virtsassa täytyy olla ylimäärin magnesium-, ammonium-, ja fosfaatti-ioneja, jotta struviittikiviä voi muodostua. Struviittikivet voivat johtua taustalla olevasta virtsatieinfektiosta tai niitä voi myös muodostua steriiliin virtsaan. Koirilla struviittikiviä syntyy yleisimmin virtsatieinfektion yhteydessä (Bartges ja Callens 2015).

Virtsatieinfektioissa tiettyjen bakteerien tuottama ureaasi-entsyymi aikaansaa kiteiden ja kivien muodostumista (Osborne 2004). *Staphylococcus spp.*, *enterococcus spp.* ja *proteus spp.* ovat yleisempiä bakteereja, jotka tuottavat ureaasia. Infektioperäiset struviittikivet ovat yleisempiä nartuilla kuin uroksilla, todennäköisesti seurauksena narttukoirien suuremmasta todennäköisyydestä saada virtsatieinfektio. Infektioperäisiä struviittikiviä esiintyy erityisesti alle vuoden ikäisillä ja yli 10- vuotiailla koirilla (Bartges ja Callens 2015).

2.2.2 Kalsiumoksalaattikivet

Riskirotuja kalsiumoksalaattikivien muodostumiselle ovat kääpiösnautseri, bichon frise, shitzu, lhasa apso, yorkshirenterrieri sekä kääpiö- ja toyvillakoira. Suurentunut riski kalsiumoksalaattikiville on erityisesti yli 4-vuotiailla, uroksilla sekä ylipainoisilla koirilla. Myös lemmikkinä pidetyillä koirilla on todettu suurentunut riski verrattuna

harrastus- ja työkoiriin. Elinympäristöllä on todettu olevan myös vaikutusta: maaseudulla elävillä koirilla on pienempi riski saada kalsiumoksalaattikiviä verrattuna kaupunkikoiriin (Lekcharoensuk ym. 2000).

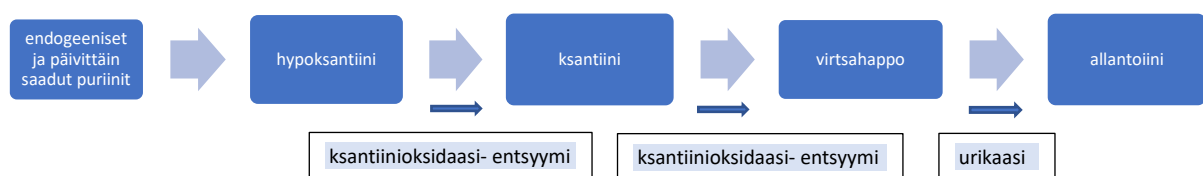
Kalsiumoksalaattikivien esiintyvyys on lisääntynyt viime vuosikymmeninä. Varmaa syytä ei tiedetä, mutta sen on pohdittu johtuvan siitä, että eläinten ruokavaliossa on pyritty minimoimaan magnesiumammoniumfosfaatin (MAP) muodostumista laskemalla ruuan pH:ta. Tällä voidaan ennaltaehkäistä struviittikivien syntyä, mutta samalla ravinnon hapot altistavat kalsiumoksalaattikiteiden muodostumiselle ja virtsan hyperkalsiurialle (Osborne ym. 2008). Myös tietyt metaboliset poikkeavuudet, kuten metabolinen asidoosi, hyperkalsemia, kalsiumin liiallinen imeytyminen ohutsuolesta, kalsiumin heikentynyt takaisinimeytyminen munuaisista ja kalsiumin liiallinen mobilisaatio luustosta voivat aiheuttaa hyperkalsiuriaa. Kalsiumoksalaattikivien yhteydessä todettu hyperkalsemia on koirilla melko harvinaista, mutta kalsiumoksalaattikiviä voi esiintyä esimerkiksi lisäkilpirauhasen liikatoiminnan yhteydessä sen aiheuttaman hyperkalsemian vuoksi. Riskiroduista kääpiösnautsereilla kalsiumoksalaattikivien muodostumisen syyksi on epäilty liiallista kalsiumin imeytymistä ohutsuolesta (Bartges ja Callens 2015).

2.2.3 Uraattikivet

Puriinikiviin kuuluvien uraattikivien esiintyvyys on 5-8 % ja ne ovat kolmanneksi yleisin virtsakivityyppi. Uraattikiviä esiintyy enemmän uroksilla ja tyypillisesti alle 7-vuotiailla koirilla (Bartges ja Callens 2015). Uraattikivistä yleisimpiä ovat virtsahapon ammoniumsuolasta muodostuneet ammoniumuraattikivet (Sturgess 2009). Puriiniaineenvaihdunnassa endogeeniset ja päivittäin ravinnon mukana saadut puriinit muutetaan virtsahapoksi (taulukko 1). Suurimmalla osalla koirista allantoiini on liukoinen metabolian päälopputuote ja se eritetään virtsaan (Bartges ym. 1999). Dalmatialaiset ovat tyypillisin riskirotu uraattikiville, mutta niiden lisäksi myös englanninbulldogeilla, venäjänmustaterriereillä, kääpiösnautsereilla, yorkshirenterriereillä ja shitzuilla esiintyy suhteessa muita rotuja enemmän uraattikiviä (Bartges ym. 1999, Sturgess 2009). Dalmatialaisilla, englanninbulldogeilla ja venäjänmustaterriereillä puriinien metabolia on puutteellista, suurin osa siitä jää virtsahapoksi eikä sitä muuteta urikaasin avulla allantoiiniksi. Osalla koirista virtsaan

ylimäärin erittyvästä virtsahaposta alkaa muodostua kiviä. Tarkkaa mekanismia tälle ei tiedetä. Uraattikiviä voi muodostua myös maksan vajaatoiminnan tai portosysteemisen shuntin yhteydessä. Maksan toiminnanvajausta vähentää virtsahapon metaboloitumista allantoiiniksi (Bartges ym. 1999). Riski uraattikivien muodostumiseen on suurempi, jos koira syö puriinipitoista ruokaa. Tällöin virtsaan muodostuu enemmän myös virtsahappoa, natriumuraattia ja ammoniumuraattia (Bartges ym. 1999).

Taulukko 1. Puriinien metabolia (Bartges ym. 1999)



2.2.4 Kystiinikivet

Kystiinikivien esiintyvyys koirilla vaihtelee noin 2-7 % välillä. Kystiinikivet ovat yleisempiä nuorilla koirilla ja erityisesti uroksilla (Escolar ym. 1991). Riskirotuja ovat englanninbulldoggit sekä newfoundlandinkoirat (Osborne ym. 1999a).

Kystiinikivet koostuvat rikkiä sisältävistä, kahdesta kysteiinimolekyylistä muodostuvista aminohapoista (Osborne ym. 1999a). Useimmiten lisänä on muitakin aminohappoja, muun muassa ornitiini, lysini tai arginiini (Bartges ja Callens 2015). Näistä käytetään yhteisnimitystä COLA, joka muodostuu kystiinin, ornitiinin, lysiinin ja arginiinin ensimmäisistä kirjaimista. Aminohapoista metioniini on kystiinin esiaste. Kystiiniä esiintyy normaalisti plasmassa ja se suodatetaan hiussuonikerästen kautta alkuvirtsaan. Suurin osa siitä sekä muista aminohapoista otetaan kuitenkin terveillä koirilla aktiivisesti takaisin elimistöön proksimaalisten tubulusten kautta. Kystinuria eli kystiinvirtsaisuus syntyy, kun kystiini eritetään virtsaan, eikä sitä imeytetä takaisin elimistöön (Osborne ym. 1999a).

Kystinuria johtuu usein synnynnäisestä metaboliahäiriöstä. Kystinurisilta koirilta on mitattu plasman kystiinipitoisuuksia, jotka ovat kuitenkin olleet normaalit. Näin voidaan

päätellä häiriön sijaitsevan munuaisissa. Metioniinin pitoisuutta on myös mitattu ja sen on havaittu olevan osalla koirista koholla (Osborne ym. 1999a). Kystinuria jaetaan kahteen eri tyyppiin. Tyypin I kystinuriassa runsas aminohappojen erittyminen virtsaan aiheuttaa koirille kystiinikivien muodostumisen jo pentuna tai aikuisuuteen mennessä. Sitä esiintyy newfoundlandinkoirilla ja landseereilla. Näitä voi olla uroksilla ja nartuilla, mutta useimmiten kliinisesti oireilevat kivet ovat uroksilla anatomian vuoksi. Toiseen kystinurian tyyppiin (non-tyyppi I) sisällytetään leikkaamattomilla aikuisilla uroksilla esiintyvät mahdollisesti hormoniriippuvaiset kivet. Näitä on mastiffityyppisillä roduilla (Brons ym. 2013). Kastratio voi vähentää kystiinikivien muodostumista, mutta tieteellinen näyttö on tästä vielä osittain puutteellista (Florey ym. 2017). Kystinuria voi olla myös yhteydessä hyperkarnitinuriaan, hypertauriiniuriaan sekä dilatoivaan kardiomyopatiaan (Bartges ja Callens 2015).

2.2.5 Silikaattikivet

Silikaattikivien osuus kaikista virtsakivistä on vain 0,3 % (Osborne ym. 2008). Silikaattikiviä esiintyy enemmän uroksilla ja ne voivat altistaa virtsatieinfektioille (Aldrich ym. 1997). Yleisemmin niitä esiintyy 3-10- vuotiailla koirilla (Osborne ym. 1999b). Silikaattikivien koostumuksesta noin kolmasosan on todettu olevan silikaattia, loppuosa sisältää muuta materiaalia, yleisimmin kalsiumoksalaattia tai struviittia (Aldrich ym. 1997). Silikaattia on todettu olevan vähän liha- ja paljon kasviperäisissä ruuissa. Erityisesti riisi, soijapapu ja maissi sisältävät paljon silikaattia. Onkin pohdittu, voivatko silikaattikivet syntyä osittain sen vuoksi, että teollisiin koiranruokiin lisätään halvempia kasviperäisiä tuotteita (Osborne ym. 1999b).

2.2.6 Ksantiinikivet

Ksantiinikivet ovat harvinaisia, vain noin 0,1 % virtsakivistä on ksantiinikiviä (Osborne ym. 2008). Ksantiini on puriinin aineenvaihduntatuote, joka muutetaan edelleen virtsahapoksi ksantiinioksidaasi- entsyymien avulla. Ksantiini liukenee huonosti virtsaan, joten hyperksantiuria johtaa helposti näiden virtsakivien muodostumiseen (Jacinto ym. 2013). Ksantiinikiviä esiintyy koirilla, jotka ovat syöneet tai syövät allopurinolia jatkuvana lääkityksenä (Bartges ym. 1999). Allopurinolia käytetään

lääkkeenä leishmanioosin sekä uraattikivien hoidossa ja se on synteettinen isomeeri hypoksantiinille. Hypoksantiini estää ksantiinioksideasin toimintaa, jolloin ksantiinia ei voida muuttaa virtsahapoksi (Jacinto ym. 2013). Myös runsaasti puriineja sisältävät ruuat voivat lisätä ksantiinikivien riskiä (Bartges ym. 1999). Primaarinen ksantiuria on hyvin harvinaista (Jacinto ym. 2013).

2.3 VIRTSAKIVIEN AIHEUTTAMAT OIREET JA DIAGNOSTIIKKA

2.3.1 Virtsakivien aiheuttamat oireet ja yleistutkimuslöydökset

Useimmat alempien virtsateiden sairaudet oireilevat kliinisesti samalla tavalla. Virtsassa voi olla verta (hematuria) tai koira voi virtsata väärin paikkoihin, esimerkiksi sisälle. Virtsaminen voi olla myös vaikeutunutta (dysuria), tihentynyttä (pollakiuria) tai koira voi pinnistellä virtsaa jatkuvasti kivuliaan näköisenä (stranguria). Jos virtsakivi aiheuttaa virtsatietukoksen, oireita voivat olla lisäksi oksentaminen ja äkillinen vaisuus (Cuddy ja McAlinden 2012, Lipscomb 2012).

Virtsarakkoa palpoimalla voidaan tuntea, jos virtsarakko on täynnä tai siellä on isoja virtsakiviä. Rektaalisesti saatetaan myös tuntea lantio-ontelon alueella virtsaputkessa sijaitseva virtsakivi (Cuddy ja McAlinden 2012, Lipscomb 2012).

Yleistutkimuksessa tärkeintä on huomata mahdollisesti laajentunut ja suuri virtsarakko. Toinen tärkeä havainto on bradykardia eli sydämen harvallyöntisyys, joka voidaan havaita, jos koiralla on vakava hyperkalemia. Hyperkalemia voi olla seurausta virtsatietukoksesta tai jo revenneestä virtsarakosta (McLoughlin 2000). Pahimmillaan virtsarakko tai -putki voi revetä suuren paineen vuoksi, jolloin kyseessä on hätätilanne (Cuddy ja McAlinden 2012, Lipscomb 2012). Yleistutkimuksessa voidaan bradykardian ja rytmihäiriöiden lisäksi havaita kipua vatsaontelon palpaatiossa, myös vatsaontelossa olevan nesteen erottaminen on mahdollista. Mustelmia voi myös näkyä nivusalueella. Täytyy muistaa, että palpoitavissa oleva virtsarakko ei poissulje virtsarakon repeämistä (Stafford ja Bartges 2013).

2.3.2 Virtsa- ja verinäytteiden tutkiminen

Epäiltäessä virtsakiviä tai –infektiota tulee ensin analysoida virtsa. Virtsakiteet ovat tärkeä löydös, mutta ne eivät suoraan kerro siitä onko koiralla virtsakiviä vai ei. Virtsanäyte suositellaan tutkittavan kiteiden varalta mahdollisimman pian näytteen ottamisen jälkeen, koska virtsakiteitä voi muodostua vielä sakkaan lämpötilan muuttuessa (Bartges ja Callens 2015).

Virtsan ominaispaino ja pH ovat tärkeimpiä indikaattoreita virtsakivien laadun tutkimisessa. Vahvassa virtsassa todennäköisyys virtsakiteiden esiintymiselle lisääntyy. Kystiini- ja uraattikiviä esiintyy tyypillisesti, kun virtsan pH on alle 7 (Bartges ja Callens 2015). Kalsiumoksalaatti- ja silikaattikiviä voi esiintyä neutraalissa tai happamassa pH:ssa (Lipscomb 2012). Jos silikaattikivien yhteydessä todetaan virtsatietulehdus, virtsan pH on tyypillisesti emäksinen (Osborne ym. 1999b). Struviittikiviä puolestaan muodostuu, kun virtsan pH on yli 7 (Bartges ja Callens 2015).

Koirien virtsakivet voivat olla myös virtsatietulehduksen aiheuttamia ja sama toimii toisinpäin, eli virtsakivet voivat aiheuttaa tulehduksen. Sen vuoksi virtsan viljelyä ja tarvittaessa bakteerien herkkyysmäärittystä suositellaan muun virtsanäytteen tutkimisen lisäksi (Bartges ja Callens 2015).

Verinäytteiden tutkiminen on myös tärkeää, koska joskus virtsakivien taustalla voi olla muu sairaus, esimerkiksi hyperkalsemia. Virtsakivet voivat aiheuttaa myös virtsatietukoksen, josta voi seurata virtsarakon laajeneminen. Tämä aiheuttaa sekundaarisesti postrenaalista atsotemiaa eli tukostilaan liittyvää munuaisarvojen nousua. Lisäksi potilas voi olla hyperkaleminen, metabolisesti asidoottinen ja kuivunut. Näiden kannalta erityisen tärkeää on tarkastaa verinäytteestä urea, kreatiniini, kivennäisaineet (fosfaatti ja kalsium) sekä elektrolyytit (natrium, kalium, kloridi). Uraattikiviä epäiltäessä tulee tutkia maksa-arvot (Bartges ja Callens 2015).

2.3.3 Kuvantaminen

Virtsakivien diagnostiikkaan suositellaan ensisijaisesti röntgenkuvausta. Ultraääni- ja varjoainetutkimuksella voidaan lisäksi diagnosoida röntgenharvatkin virtsakivet. Kuvantamisten avulla saadaan määritettyä virtsakivien määrä, koko, muoto, tiheys

sekä sijainti (Bartges ja Callens 2015). Virtsakivet näkyvät hyvin myös tietokonetomografiatutkimuksessa (Pressler ym. 2004).

Röntgenkuvauksella voidaan havaita kalsiumoksalaatti-, struviitti-, kystiini- ja silikaattikivet. Näistä kalsiumoksalaattikivet ovat röntgentiheimpiä (Osborne ym. 1999a). Yli yhden millimetrin kokoiset kalsiumoksalaattikivet näkyvät röntgenkuvissa (Weichselbaum ym. 1999). Kystiinikivien tulee olla tarpeeksi isoja, jotta ne näkyvät (Osborne ym. 1999a). Uraattikivet puolestaan ovat röntgenharvoja ja näkyvät huonosti röntgenkuvissa (Bartges ym. 1999). Röntgenkuvien ottamista suositellaan aina kahdessa suunnassa: kyljellään (laterolateraalisesti) (kuva 6) ja selällään (ventrodorsaalisesti). Jos virtsakiviä löytyy, tulee myös virtsaputken alueelta ottaa röntgenkuva, jossa virtsaputki näkyy kokonaisuudessaan. Tämä onnistuu siten, että koira asetetaan kyljelleen, takajalat kylkien suuntaisesti kraniaalisesti vedettynä ja lisäksi koiran lanneselän alue pyöristetään. Tärkeää on, että takaraajat saadaan virtsaputken päältä pois (Cuddy ja McAlinden 2012).



Kuva 6. Kalsiumoksalaattikiviä virtsarakossa ja useassa kohdassa virtsaputkea (Yliopistollinen pieneläinsairaala 2021)

Ultraäänitutkimuksella nähdään virtsarakon koko ja sen sisältö. Sen avulla voidaan arvioida virtsarakon seinämien paksuutta ja rakennetta seinämuutosten varalta. Myös virtsakivet erottuvat ultraäänien avulla (Lipscomb 2012). Virtsakivet aiheuttavat voimakaskaukuisia rajapintoja ja jättävät alleen kaikukatveen. Ultraäänitutkimuksessa näkyvät kaikki virtsakivityypit. Pienet virtsakivet voi olla vaikea erottaa, jos ne ovat kiinni seinämässä. Virtsarakon heilutus voi tällöin olla tarpeen, jotta virtsakivet liikkuvat ja niitä nähdään ultraäänikuvassa (Widmer ym. 2004). Kystosenteesinäyte saadaan otettua virtsarakosta ultraääniohjauksen avulla (Lipscomb 2012).

2.4 KONSERVATIIVINEN HOITO

2.4.1 Ruokavalio, lääkehoito ja lisäravinteet osana virtsakivien hoitoa ja ennaltaehkäisyä

Liuottavan ruokavalion avulla pystytään hoitamaan ja ennaltaehkäisemään struviitti-, uraatti- ja kystiinikiviä. Ruokavalioista on kuitenkin apua myös kalsiumoksalaatti- ja silikaattikivien ennaltaehkäisyssä (taulukko 2). Myös lisäravinteita voidaan käyttää osana kalsiumoksalaatti-, uraatti- ja kystiinikivien hoitoa. Tärkeässä osassa uraatti- ja kystiinikivien hoitoa on myös lääkehoito (Lulich ym. 2016)

Infektioperäisten ja ei-infektioperäisten struviittikivien hoidossa käytetään liuottavaa ruokavaliota. Ruuassa tulee olla matalat magnesium- ja fosforipitoisuudet, jonka seurauksen virtsa happamoituu ja pH laskee. Struviittikivien liukoisuuden on todettu parantuvan, kun virtsan pH on alle 6,5 (Lulich ym. 2016). Infektioperäisten struviittikivien hoidossa käytetään ruokavalioon yhdistettynä mikrobilääkehoitoa (Bartges ja Callens 2015). Ruokavalio on tärkeässä osassa myös struviittikivien ennaltaehkäisevässä hoidossa. Avainasemassa infektioperäisten struviittikivien ennaltaehkäisyyn on lisäksi nopea reagointi alkavaan virtsatietulehdukseen. Infektioperäisistä struviittikivistä kärsineen koiran virtsa tulisikin viljellä kuukausittain 2-3 kuukauden ajan ja tämän jälkeen aina, jos koiralla ilmenee virtsatietulehdukseen viittaavia oireita (Lulich ym. 2016).

Kalsiumoksalaattikiviin ei ole olemassa suoraan liuottavaa ruokavaliohoitoa, joten ne hoidetaan pääsääntöisesti kirurgisesti poistamalla, litotripsialla tai urohydropropulsaation avulla. Lulich ym. (2011) totesivat, että kalsiumoksalaattikivet

ovat uusiutuva vaiva, joten sen vuoksi ennaltaehkäisevät toimenpiteet ovat tarpeen. Kivien muodostumisen tarkkaa mekanismia ei tiedetä ja tutkimustietoa ruokavalion tehosta ei juurikaan ole saatavilla (Lulich ym. 2011). Kuitenkin ruokavalion muutoksilla voidaan osittain ennaltaehkäistä kalsiumoksalaattikivien muodostumista (Bartges ja Callens 2015).

Kalsiumoksalaattikivien ennaltaehkäisyssä virtsan ominaispainon tulisi pysyä alle 1,020, joka onnistuu antamalla vesipitoista ruokaa. Virtsan pH: n tulee olla yli 6,5 ja kalsium- ja oksalaattipitoisuus pyritään pitämään mahdollisimman alhaisena rajoittamalla natriumin ja proteiinin määrää ruokavaliossa (Bartges ja Callens 2015). Lisäravinteena suun kautta annettavan kaliumsitraatin on todettu lisäävän virtsan vesipitoisuutta ja emäksisyyttä. Emäksinen virtsa lisää myös kalsiumioneista koostuvan sitraatin poistumista elimistöstä. Myös tiatsidi- diureetteja voidaan käyttää lisäravinteena, koska ne lisäävät kalsiumin takaisinottoa munuaisissa. Kaliumsitraatin ja tiatsidin yhteiskäytössä virtsan pH voi muuttua happamaksi, joten sitä tulee seurata (Lulich ym. 2016).

Uraattikiviä voidaan kokeilla liuottaa ruokavalio- ja lääkeyhdistelmän avulla koirilla, joilla kivet eivät liity maksasairauteen (Bartges ja Callens 2015, Lulich ym. 2016). Hoito koostuu puriinirajoitetusta, pH:ta nostavasta ja diureesia edistävästä ruokavaliosta, johon liitetään ksantiinioksidaasin inhibiittori eli allopurinoli- lääke. Allopurinolia annostellessa tulee muistaa, että liian iso annostus lisää ksantiinikivien riskiä (Lulich ym. 2016). Lulich ym. tekemässä (1997) tutkimuksessa uraattikivien liuotushoidon tehoa seurattiin kuukausittain virtsarakon varjoainekuvauksen avulla kuudella oireettomalla dalmatiankoiralla, joilla virtsakivet olivat kooltaan alle 2 mm. Puolen vuoden kuluttua matalaproteiinista ruokaa syöneistä koirista vain 50 %:lla ilmeni uusia virtsakiviä, kun taas ylläpito- ruualla olleiden koirien uraattikivien uusiutuvuus oli 87 % (Lulich ym. 1997).

Uraattikiviä voidaan ennaltaehkäistä rajoittamalla puriinien määrää ruokavaliossa eli käytännössä antamalla matalaproteiinista ja lisäksi riittävän vesipitoista ruokaa (kosteuspitoisuus yli 75 %) virtsan ominaispainon alentamiseksi. Virtsan pH:n tulee pysyä yli 7, koska uraattikiteiden liukoisuus paranee virtsan ollessa emäksistä (Lulich ym. 2016). Hoidon tehoa voidaan seurata seerumin ureapitoisuutta ja virtsan ominaispainoa sekä virtsan pH-arvoa mittaamalla (Bartges ym. 1999).

Kystiinikivien hoitoon ja ennaltaehkäisyyn suositellaan vesipitoista (vettä yli 75 %), alkalisoivaa ja matalaproteiinista ruokaa. Ruuassa tulisi olla matalat metioniini- ja kystiinipitoisuudet sekä sopivassa määrin tauriinia ja karnitiinia. Korkeaproteiinisia ruokia ei suositella, koska niissä on usein paljon metioniinia (Lulich ym. 2016). Kystiinin liukoisuus virtsaan nousee selvästi, kun virtsan pH on yli 7,2. Kaliumsitraatin lisäystä ruokavalioon suositellaan tarvittaessa, koska se lisää virtsan emäksisyyttä ja vesipitoisuutta (Bartges ja Callens 2015, Lulich ym. 2016). Jos koira näistä huolimatta saa jatkuvasti kystiinikiviä, voidaan lisänä käyttää 2-merkaptopropionyylyglysiiniä (tioproniini), joka sitoutuu kysteiinimolekyylisiin muodostaen liukoisemman kompleksin. Koiran sterilointi tai kastroidi saattaa vähentää kystiinikivien muodostumista kystinurian hormoniriippuvaisessa muodossa, erityisesti mastiffityypisillä roduilla (Lulich ym. 2016).

Silikaattikivien hoidossa voidaan käyttää apuna virtsakivien liuotukseen sopivaa ruokavaliota, jossa on mahdollisimman vähän kasviperäisiä proteiini lähteitä. Ruokavalio voi pienentää olemassa olevien silikaattikivien kokoa sekä ennaltaehkäistä uusien kivien syntymistä (Osborne ym. 1999b). Ksantiinikiville ei ole olemassa liuotusruokavaliota tai lääkehoitoa (Bartges ja Callens 2015).

Taulukko 2. Kaupalliset ruokavaihtoehdot virtsakivien hoitoon ja ennaltaehkäisyyn (Sturges 2009)

Ruokamerkit	Struviittikivet	Kalsiumoksalaattikivet	Uraattikivet	Kystiinikivet
Royal Canin Urinary	x!	x	-	-
Purina NF	-	x	-	-
Purina UR	x!	-	-	-
Hill's Prescription Diet Canine c/d	x*	x	-	-
Hill's Prescription Diet Canine s/d	x^	-	-	-
Hill's Prescription Diet Canine u/d	-	x	x	x
Hill's Prescription Diet Canine w/d	x/	-	-	-

! = suositellaan kivien liuotukseen ja ennaltaehkäisyyn

* = suositellaan kivien ennaltaehkäisyyn

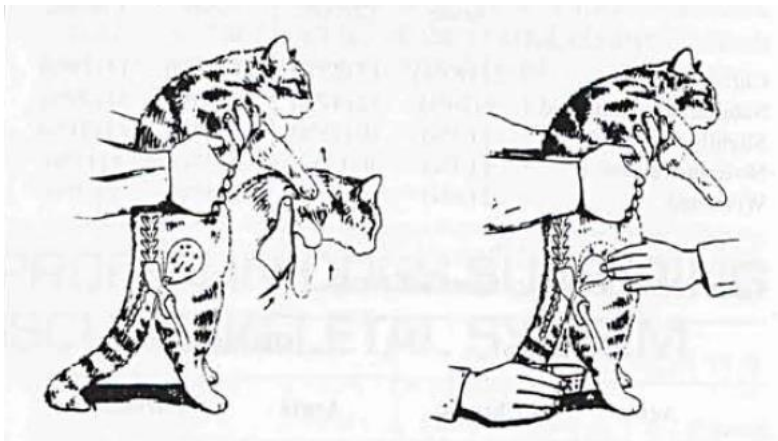
^ = suositellaan kivien liuotukseen

/ = suositellaan kivien ennaltaehkäisyyn lihomiseen taipuvaisille koirille

2.4.2 Urohydropropulsaatio

Urohydropropulsaatiolla tarkoitetaan virtsakivien huuhtelemista nesteen ja paineen avulla virtsarakosta ulos. Tällä menetelmällä pienet ja keskikokoiset virtsakivet voidaan poistaa virtsarakosta ilman kirurgiaa (Lulich 1997). Virtsakivien tulee olla pienempiä, kuin virtsaputken halkaisija, jotta toimenpiteen voi tehdä (Lipscomb 2012). Sukupuolella ei ole onnistumisen kannalta väliä, mutta nartun leveämmän virtsaputken kautta voidaan huuhdella suhteessa isompia kiviä pois (Lulich ym. 1999). Painovoimaa käytetään apuna virtsakivien poistumisessa, joten toimenpiteessä eläimen asento on avainasemassa (kuva 7) (Lulich 1997).

Urohydropropulsaatiota ei voi tehdä, jos rakossa olevat virtsakivet ovat suurempia kuin virtsaputken halkaisija. Toimenpide on yleensä myös tehoton, jos virtsakivet ovat jo valmiiksi juuttuneena virtsaputkessa. Urohydropropulsaatiota tulee virtsarakon repeämisriskin vuoksi välttää, jos koiralta on juuri otettu kystosenteesinäyte, tai sille on kahden kuukauden sisään tehty virtsarakon kirurginen toimenpide (Lulich ym. 1997, Lulich 1999).



Kuva 7. Eläimen asento urohydropropulsaatiossa (Lulich 1997)

Urohydropropulsaation toteutusta varten eläin laitetaan yleisanestesiaan ja toimenpide suoritetaan huolellista aseptiikkaa noudattaen. Jos virtsarakko ei ole täynnä virtsaa, täytetään se virtsaputken kautta viedyn katetrin avulla steriilillä fysiologisella

suolaliuoksella. Tämän jälkeen katetri poistetaan. Koira asetetaan pystyasentoon, jotta virtsakivet laskeutuvat virtsarakon kaulan alueelle. Virtsarakko tunnustellaan vatsanpeitteiden läpi ja sen seinämää ravistellaan, jotta kaikki virtsakivet lähtevät liikkeelle ja laskeutuvat haluttuun paikkaan, virtsarakon kaulan alueelle. Rakkoa puristetaan tasaisesti, jolloin virtsa sekä – kivet huuhtoutuvat paineen avulla ulos rakosta. Virtsakivet lasketaan ja tarvittaessa toimenpide uusitaan. Jos virtsakivet ovat röntgentiiviitä, kannattaa potilaan virtsarakosta ottaa lopuksi kontrollikuva. Virtsarakon voi myös vaihtoehtoisesti tutkia ultraäänien avulla (Lulich 1997). Lulich ym. tekivät vuonna 1993 tutkimuksen, jossa toimenpide onnistui yhdeksälle koiralle yhdestätoista. Kahdella narttukoiralla virtsakiviä jäi virtsarakkoon, koska kivien halkaisija oli virtsaputken halkaisijaa isompi. Virtsarakon käsittely aiheutti osalle koirista muutaman tunnin ajaksi virtsan verisyyttä. Kontrollikäynnillä 30-90 päivää toimenpiteen jälkeen koirilla ei ollut enää havaittavissa hematuriaa tai virtsatieinfektiota (Lulich ym. 1993).

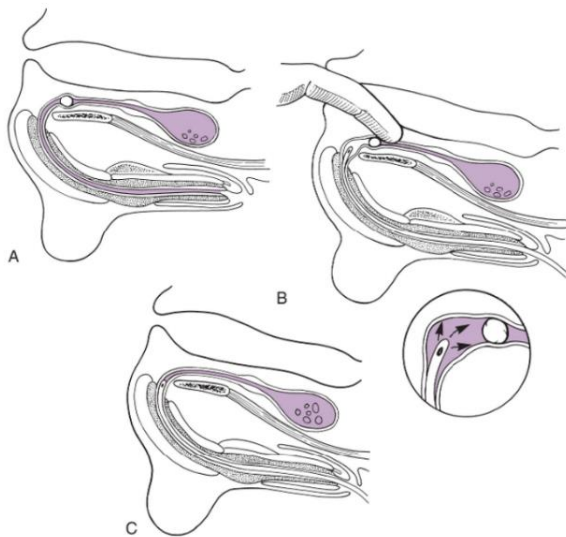
Jos virtsakivet tukkivat toimenpiteen aikana virtsaputken, ne huuhdellaan takaisin virtsarakkoon. Tällöin virtsakivet ovat liian isoja poistettavaksi urohydropropulsaatiolla ja ne täytyy poistaa virtsarakosta kirurgisesti tai litotripsian avulla, mikäli se on saatavilla (Lulich ym. 1999).

2.4.3 Urohydropropulsaatio

Urohydropropulsaatiolla eli retrohydropropulsaatiolla tarkoitetaan virtsaputkeen juuttuneiden virtsakivien huuhtelemista paineen ja nesteen avulla takaisin virtsarakkoon, josta ne voidaan poistaa kirurgisesti tai litotripsialla. Yleisimmin juuttunut virtsakivi sijaitsee uroskoiralla penislun takapuolella tai perineaalialueella. Urohydropropulsaatiota suositellaan, jos virtsakiviä havaitaan virtsaputkessa tai katetroiminen ei onnistu (Cuddy ja McAlinden 2012).

Jos virtsarakko on todella täynnä virtsaputkessa olevan virtsakiven aiheuttaman tukoksen vuoksi ja potilaan sen hetkiset laboratoriolöydökset estävät nukutuksen, täytyy virtsarakkoa ensin tarvittaessa tyhjentää. Ensiapuna potilaalle voidaan tehdä kystosenteesi, koska se voidaan suorittaa ilman anestesiaa tarvittaessa useita kertoja ja potilaan tila saadaan näin stabiloitua (McLoughlin 2000).

Toimenpide tehdään mieluiten yleisanestesiassa ja potilaalle laitetaan epiduraalitilaan puudutetta tai kipulääkettä, jolloin potilaan virtsaputki on mahdollisimman rento (Cuddy ja McAlinden 2012). Katetri laitetaan virtsaputkea pitkin lähelle virtsakiveä ja virtsaputki tukitaan sormen avulla peräsuolen kautta painamalla. Huuhtelunesteinä käytetään fysiologisen suolaliuoksen ja steriilin liukasteen seosta, jossa molempia komponentteja on saman verran. Nesteseosta laitetaan ruiskun avulla katetrin kautta virtsaputkeen, jolloin virtsaputki laajenee. Sormi irrotetaan ja tavoitteena on, että paineen ja nesteen avulla virtsakivi huuhtoutuu takaisin virtsarakkoon (kuva 8). Tässä tulee olla varovainen, ettei virtsarakko täyty liikaa nesteestä ja repeä. Tarvittaessa virtsarakkoa tyhjennetään kystosenteesin tai virtsakivien ohi viedyn ohuen katetrin avulla. Toimenpiteen onnistuessa katetri jätetään paikalleen ja kivet poistetaan kystotomialla (MacPhail ja Fossum 2013). Yleensä virtsakivet saadaan huuhdeltua takaisin virtsarakkoon, josta ne voidaan poistaa kirurgisesti (Lipscomb 2012). Jos virtsakiviä ei saada urohydropulsaation avulla takaisin virtsarakkoon, täytyy kivet poistaa litotripsian tai uretrotomian avulla virtsaputkesta (MacPhail ja Fossum 2013).



Kuva 8. Urohydropulsaation toteutus käytännössä. A: Aloitus tilanne, B: Virtsaputken tukkiminen sormen avulla, C: Nesteseoksen ja paineen avulla virtsaputki laajenee, jolloin sormi vapautetaan ja virtsakivet huuhtoutuvat takaisin virtsarakkoon (MacPhail ja Fossum 2013).

2.5 INDIKAATIOT LEIKKAUKSELLE

Virtsakivien poistoleikkausta suositellaan, jos urohydropropulsaation toteuttaminen ei ole mahdollista ja kivien liuotushoito on kontraindisoitua tai se ei tuota tulosta (Lipscomb 2012, Lulich ym. 2016).

Urohydropropulsaatio on poissuljettu, jos virtsarakossa olevat kivet ovat suurempia kuin virtsaputken halkaisija tai virtsakivet ovat jo valmiiksi juuttuneena virtsaputkessa (Lulich ym. 1997). Lisäksi virtsakivet voidaan joutua poistamaan kirurgisesti, jos virtsakivet aiheuttavat hallitsemattoman infektion tai virtsakivi/ -kivet ovat kooltaan erittäin suuria, jolloin ympäröivän modifioidun virtsan määrä on riittämätön liuotushoitoon (Lulich ym. 2016). Leikkaushoito on aina viimeinen vaihtoehto, jos muista hoitomenetelmistä ei ole apua (Lipscomb 2012).

Virtsakivet pyritään aina poistamaan leikkauksellisesti virtsarakosta, jonne ne virtsaputken alueelta tarvittaessa huuhdotaan urohydropropulsaation avulla (Lulich ym. 2016). Muita mahdollisia syitä virtsarakon avaukselle ovat biopsian ottaminen, trauman korjaaminen, massamuutoksen poisto, ektooppisten virtsanjohtimien korjaaminen tai seinämän biopsia ja viljely vakavissa virtsatieinfektioissa (Lipscomb 2012).

Jos virtsaputken alueella olevia virtsakiviä ei saada huuhdeltua takaisin virtsarakkoon, tulee koiralle tehdä virtsaputken avausleikkaus eli uretrotomia. Yleensä virtsakivet juuttuvat virtsaputkeen uroskoirilla kapeamman virtsaputken takia (Smeak 2000). Uretrotomialla voidaan poistaa myös uudismuodostumia ja ottaa biopsioita (Cuddy ja McAlinden 2012).

Pysyvää virtsaputken avannetta eli uretrostomiaa suositellaan, jos virtsaputkessa on toistuvasti virtsakivien aiheuttama tukos tai koiralla on joku metabolinen syy, minkä vuoksi sille kehittyy aina uudelleen virtsakiviä eikä niitä saada pidettyä poissa liuotushoidolla. Myös virtsaputken vakavan distaalisen ahtauman tai virtsaputken trauman vuoksi voidaan joutua tekemään uretrostomia (Smeak 2000). Narttukoirilla virtsakivet harvoin tukkivat virtsaputken sen ollessa joustavampi ja halkaisijaltaan suurempi (Dean ym. 1990).

2.6 LEIKKAUKSEEN VALMISTAUTUMINEN

2.6.1 Leikkauksissa tarvittavat instrumentit ja muu apuvälineistö

Virtsateiden leikkauksissa pärjätään perusinstrumenteilla, mutta muutamista lisäinstrumenteista on leikkauksen toteuttamisessa huomattavaa hyötyä. Virtsarakon ja virtsaputken avaamisessa skalpellina on hyvä käyttää normaalia pienempää (nro 15 tai 11) veistä, jotta viilto saadaan tarkemmin kohdistettua oikeaan paikkaan. Virtsarakon ja virtsaputken käsittelyyn suositellaan käytettävän atraumaattisia DeBakey- atuloita. Virtsarakon avaukseen voidaan käyttää Metzenbaum-saksia, mutta kooltaan pienemmät iris- tai tenotomiasakset soveltuvat erinomaisesti sekä virtsarakon, mutta erityisesti virtsaputken avaamiseen. Kuppimaista luukauhaa eli kyrettiä voidaan käyttää virtsakivien poistamiseksi erityisesti virtsarakon kaulan alueelta. Kirurgin on myös erityisesti virtsaputken kirurgiassa hyvä käyttää apuna päähän laitettavia suurentavia ja usein valolla varustettuja luppeja, koska tällöin näkyvyys kohdekudokseen paranee huomattavasti. Lisäksi tarvitaan imu virtsan tyhjentämiseen virtsarakosta sekä katetri virtsaputken huuhtelua varten (Boothe 2012).

2.6.2 Mikrobilääkkeiden käyttö leikkauksen yhteydessä

Virtsakivien poistoleikkaus on puhtausluokkaan kaksi kuuluva puhdas/kontaminoitunut- toimenpide (Lipscomb 2012). Leikkauksen keston on todettu vaikuttavan leikkausalueen infektioiden esiintymiseen (Vasseur ym. 1988). Jos leikkauksen kesto on alle 60 minuuttia, tarvetta mikrobilääkeprofylaksialle ei ole. Jos kesto on yli 60 minuuttia, suositellaan mikrobilääkkeenä ensisijaisesti trimetopriimi-sulfaa suonensisäisesti noin 30 min ennen viiltoa. Leikkauksen jälkeen profylaksiaa jatketaan tarvittaessa enintään 12-24 tuntia. Mikäli virtsateissä on infektio, hoidetaan se lisäksi viljelyn ja herkkyysmäärittelyn mukaisesti (Evira 2016).

2.7 VIRT SARAKON KIRURGIA

Yleisin virtsakivien kirurginen poistotapa on kystotomia eli virtsarakon avausleikkaus (Lipscomb 2012). Virtsakivet voidaan myös poistaa virtsarakosta vähän kajoavasti tähytys- avusteisella kystotomialla (Rawlings ym. 2003).

2.7.1 Virtsarakon haavojen paraneminen

Virtsarakko saavuttaa normaalin kudosisvahvuuden 14-21 päivän kuluttua leikkauksesta. Haavan paraneminen on jaettu kolmeen vaiheeseen: viivevaihe (lag-vaihe), korjausvaihe (proliferatiivinen vaihe) ja kypsymisvaihe (maturaatiovaihe). Viivevaihe kestää noin 3-4 päivän ajan ja tällöin haava pysyy kiinni lähinnä ompeleiden ansiosta, koska epiteelin määrä on vielä vähäinen. Toisin kuin ihossa, virtsarakon epiteeli kuitenkin lähtee trauman jälkeen jo viivevaiheessa nopeasti korjaantumaan (Degner ja Walshaw 1996). Tähän perustuu ainakin osittain virtsarakon haavojen nopea parantuminen (Degner ja Walshaw 1996, Rasmussen 2016). Korjausvaihe kestää noin 3-14 päivän ajan, ja sen aikana fibroblastien ja niiden muodostaman sidekudoksen määrä lisääntyy nopeasti ja haavan vahvuus paranee. Fibrosyyttien tuottaman epäkypsän kollageenin, jota tarvitaan sidekudoksen muodostumiseen, hajoaminen virtsarakossa kollageenaasin vaikutuksesta on vähäistä, jonka vuoksi 100 % kudosisvahvuus saavutetaan jo tämän vaiheen lopussa. Kypsymisvaihe on kliinisesti merkityksetön virtsarakon haavojen paranemisen osalta (Degner ja Walshaw 1996).

Virtsatietulehdukset ja muutokset virtsan pH: ssa voivat vaikuttaa epitelisaation nopeuteen (Degner ja Walshaw 1996, Baskin ym. 1997) ja siten virtsarakon paranemiseen, mutta tutkittua tietoa tästä aiheesta ei juurikaan ole.

2.7.2 Ommeltyypit ja -materiaalit

Optimaalinen virtsarakon ommelmateriaali pitää kudoksen appositiossa ja säilyttää vetolujuutensa siihen saakka, kunnes haava on parantunut, mutta sulaa kuitenkin mahdollisimman pian tämän jälkeen. Vetolujuuden tulee säilyä langan joutuessa kosketuksiin virtsan kanssa. Ommelmateriaalin ei tulisi altistaa infektiolle tai

postoperatiivisille komplikaatioille. Materiaalin ei tulisi toimia niin sanotusti niduksena uusien virtsakivien muodostumiselle, joten monisäikeisten tai sulamattomien ompeleiden käyttöä ei nykyisin suositella (Greenberg ym. 2004, Lipscomb 2012, MacPhail ja Fossum 2013). On kuitenkin olemassa vain vähän tutkittua tietoa siitä, mikä ommelmateriaali olisi paras virtsarakon ompeluun.

Langan paksuudeksi suositellaan USP 3-0 – 5-0 lankaa, riippuen virtsarakon seinämien paksuudesta ja potilaan koosta ja ompeluun pyöreää neulaa leikkaavalla kärjellä (taper-cut) (Lipscomb 2012). Yksisäikeisiä lankoja suositellaan, koska bakteerit eivät tartu niihin niin herkästi eikä ompeleminen aiheuta kudokseen niin merkittävää vetoa kuin monisäikeisillä langoilla ommeltaessa. Yksisäikeinen lanka on kuitenkin monisäikeistä lankaa jäykempää ja siksi hankalampaa käsitellä (Greenberg ym. 2004).

Virtsarakon sulkemiseen käytetään yleisesti hitaasti sulavia yksisäikeisiä lankoja (Desch ja Wagner 1986, Jens ja Bjorling 2001, Thieman-Mankin ym. 2012). Näistä polydioksanoni menettää vain 26 % vetolujuudestaan 14 päivän aikana, 42 % 28 päivän aikana ja 86 % 56 päivän aikana terveeseen kudokseen asettamisesta (Molea ym. 2000, Greenberg ym. 2004). Polyglykonaatti ja glykomeeri 631 ovat ominaisuuksiltaan melko samankaltaisia polydioksanonin kanssa (Tan ym. 2003, Greenberg ym. 2004).

Poliglekaproni on melko uusi lankamateriaali ja sitä käytetään yleisesti esimerkiksi ihonalaiskudoksen ja ihon ompeluun. Poliglekapronia on mahdollista käyttää myös virtsarakon sulkemiseen (Thieman-Mankin ym. 2012). Poliglekapronin vetolujuudesta 75 % menetetään 14 päivän aikana ja 100 % 21 päivän aikana terveeseen kudokseen asettamisesta (Bezwada ym. 1995).

Kaikkien edellä mainittujen lankamateriaalien vetolujuus heikkenee jollain tavalla, kun ne upotetaan virtsaan. Lisäksi virtsan pH:lla, virtsatieinfektiolla ja infektion aiheuttavalla bakteerilla on todettu olevan vaikutusta vetolujuuden menetykseen. Virtsan infektio voi lisätä langan hajoamista muuttamalla pH:ta ja virtsan kemiallista koostumusta. Lankojen hajoamista virtsassa on tutkittu ainakin kahdessa *in vitro*- tutkimuksessa (Schiller ym. 1993, Greenberg ym. 2004). Jos virtsassa oli infektio, poliglekapronin vetolujuus heikkeni nopeasti ja sen pito ei ollut riittävä. Sen sijaan, vaikka polydioksanoni, polyglykonaatti ja glukomeeri 631 joutuivatkin kosketuksiin

Escherichia coli-bakteerin infektoiman virtsan kanssa, niiden vetolujuuden katsottiin pysyvän riittävänä oletetun haavan paranemisen ajan. Toisaalta *Proteus mirabilis*-bakteerin infektoimassa virtsassa myös edellä mainittujen lankamateriaalien vetolujuuksien todettiin heikkenevän erittäin nopeasti (Greenberg ym. 2004).

Virtsarakko tulisi edellä mainittujen tutkimusten perusteella ommella hitaasti sulavalla langalla: polydiaksononilla tai polyglykonaatilla, varsinkin jos koiralla on samanaikainen virtsatieinfektio. Lisäksi tiettyjen virtsatieinfektiota aiheuttavien bakteerien varalta olisi suositeltavaa, etteivät ompeleiden otteet läpäisisi virtsarakon limakalvoa sen seinämää ommeltaessa tai ompelu toteutettaisiin kahdessa kerroksessa (Schiller ym. 1993, Greenberg ym. 2004).

Ennen uusien sulavien yksisäikeisten ommelmateriaalien yleistymistä virtsarakon sulkemiseen on käytetty myös monisäikeisiä lankoja, kuten polyglaktiini 910 (Radasch ym. 1990). Julian ja Ravitch (1986) käyttivät sulavia niittejä ja ruostumattomasta teräksestä valmistettuja niittejä sekä terveen että infektoituneen virtsarakon sulkemisessa. Haavat paranivat hyvin ja lankamateriaaleihin liittyvää virtsakivien muodostumista ei havaittu (Julian ja Ravitch 1986). Myös catgut on ollut aiemmin yleisesti käytössä virtsarakon sulkemisessa. Catgut on johdettu eläinten kollageenista, joten se hajoaa proteolyyttisten entsyymien vaikutuksesta (Cohen ym. 1987).

Virtsarakko voidaan sulkea appositionaalisilla tai invertoivilla ompeleilla yhdessä tai kahdessa kerroksessa (Radasch ym. 1990, Thieman-Manklin ym. 2012). Submukoosa tulee ottaa mukaan otteisiin. Limakalvon läpäisyä vältetään, sillä mukoosan läpi virtsarakon onteloon kulkeva ommellanka voi toimia ns. niduksena virtsakiville ja bakteereille. Toisaalta ohutseinäistä virtsarakkoa voi olla kuitenkin hankala ommella niin, että submukoosa tulee ommelotteisiin ilman mukoosaa. Appel ym. selvittivät vuonna 2008 tutkimuksessaan, että 9,4 %:lla koirista ilmeni lankamateriaaliin liittyviä virtsakiviä virtsarakon avausleikkauksen jälkeen. Niduskivet syntyivät nopeammin, kuin lankamateriaaleihin liittymättömät virtsakivet. Shih tzulla, lhasa apsoilla ja pomeranianeilla oli suurempi riski saada lankamateriaaliin liittyviä virtsakiviä. Lankaperäisten virtsakivien muodostumista on esitetty ennaltaehkäistävän parhaiten, kun virtsarakon sulkemisessa vältetään langan laittamista virtsarakon mukoosan läpi ja lanka sulaa mahdollisimman nopeasti virtsarakon paranemisen jälkeen (Appel ym. 2008).

Vuonna 1990 Radasch ym. tutkivat kokeellisesti terveiden koirien virtsarakon seinämän vahvuutta 24 tunnin kuluttua ompelusta kolmella ommeltyypillä. Kaksikerroksinen yksittäinen appositio-ommel ja kaksikerroksinen jatkuva invertoiva ommel olivat tasavertaisen vahvoja. Myös yksikerroksinen yksittäinen appositio-ommel oli verrattavissa vahvuudeltaan näihin molempiin kaksikerroksisiin ompeleihin. Tutkijat ihmettelivät tehdyssä tutkimuksessaan yksittäisten yksikerroksisten appositio-ompeleiden vahvuutta, mutta sitä perusteltiin kuitenkin tutkimuksessa monella tavalla. Yhdessä kerroksessa appositionaalisesti asetettujen ompeleiden ajateltiin vähentävän kudostrauman syntymistä, häiritsevän vähemmän haavan reunojen mikroverenkiertoa sekä aiheuttavan vain vähäistä anatomista muutosta virtsarakon seinämän kudoksiin (Radasch ym. 1990).

Thieman-Manklin ym. (2012) tutkivat kliinisen retrospektiivisen tutkimuksen avulla potilaskoiria, joille oli tehty virtsarakon avausleikkaus. Osa virtsarakoista ommeltiin kahdessa kerroksessa invertoivalla ompeleella ja osa yksikerroksisella appositionaalisella ompeleella. Sekä Thieman-Mankin ym. (2012), että Radasch ym. (1990) päätyivät tuloksissaan siihen, ettei invertoiva ommel anna lisäetua virtsarakon sulkemisessa ja yksikerroksinen appositionaalinen ommel on riittävä sulkemaan virtsarakon tehokkaasti ja turvallisesti.

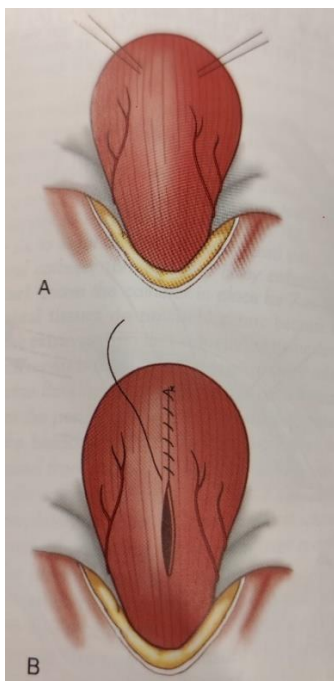
2.7.3 Kystotomia

Mikäli mahdollista, virtsakivien lukumäärä olisi hyvä tietää ennen leikkausta. Jos virtsarakko on todella täynnä, kannattaa sitä tyhjentää katetrin avulla. Uroskoirilla virtsaputki katetroidaan aina ennen leikkausta, nartuilla tämä on harvoin tarpeen. Mikäli virtsaputkessa epäillään olevan kiviä, ne huuhdellaan ennen leikkausta virtsarakkoon ja huuhtelun onnistuminen varmistetaan tarvittaessa röntgenkuvalla. Vatsaontelo avataan tekemällä viilto navasta kaudaalisesti häpyluun etupuolelle asti. Uroskoirilla ihon ja ihonalaiskudoksen viilto tehdään peniksen vierestä. Sekä nartuilla, että uroksilla lihaskerros avataan linea albasta. Virtsarakko eristetään isojen kosteiden taitosten avulla ja virtsarakon kärkeen laitetaan aputikki (kuva 9) (Lipscomb 2012).

Virtsarakon viilto tehdään ventraaliseen keskiliinjan, varoen seinämän verisuonia. Virtsarakkoon tehdään ensin pistoviilto ja apuna käytetään atraumaattisia DeBakey-

atuloita. Tämän jälkeen rakosta kannattaa imeä virtsaa imun tai ruiskun avulla pois. Virtsarakkoa tulee käsitellä leikkauksen aikana hellävaraisesti, koska limakalvo turpoaa helposti. Imua ei kohdisteta itse kudokseen ja polton käyttöä vältetään. Virtsarakko avataan pistoviillon kautta varovasti Metzenbaum- tai pienemmillä kudossaksilla kraniaali- ja kaudaalisuuntaan keskilinjassa pysyen. Aputikit voidaan laittaa myös virtsarakon haavan reunoille, jolloin näkyvyys virtsarakon sisälle parantuu (Lipscomb 2012).

Aiemmin kystotomian tekemistä suositeltiin dorsaalisesti, koska ventraalisen kystotomian epäiltiin lisäävän riskiä virtsarakon ja vatsaontelon seinämän välisille kiinnikkeille, virtsan vuotamiselle sekä uusien kivien muodostumiselle. Desch ja Wager kuitenkin havaitsivat vuonna 1986 tehdyssä tutkimuksessaan kiinnikeriskin olevan vähäinen ja nykyisin eläinlääketieteen kirjallisuuden mukaan perusteita dorsaalisen kystotomian suosimiseen ei ole. Ventraalinen kystotomia on teknisesti helpompi suorittaa. Lisäksi kolmiomainen trigone- alue sekä virtsanjohtimien aukot nähdään hyvin ja niitä pystytään varomaan paremmin ventraalisella lähestymisellä (Desch ja Wagner 1986).



Kuva 9. Kystotomia (MacPhail ja Fossum 2013)

Virtsakivien poistamisessa tulee huolehtia, että kaikki kivet saadaan varmasti pois (kuva 10). Virtsarakkoa leikkauksessa käsiteltäessä virtsakivet liikkuvat helposti painovoiman avulla proksimaaliseen osaan virtsaputkea. Tämän vuoksi olisi hyvä tietää virtsakivien lukumäärä preoperatiivisesti, jotta leikkauksen aikana osataan etsiä kaikki virtsakivet. Virtsaputkea huuhdellaan katetrin kautta useita kertoja ja samalla tarkkaillaan virtsaputken avautumisaukkoa rakossa. Tässä voidaan käyttää apuna luukauhaa ja imua, kuitenkin muistaen atraumaattinen tekniikka. Erityisesti uroskoirilla tämä vaihe on erityisen tärkeä, jottei virtsakiviä jää huomaamatta. Katetria kannattaa myös liikutella edestakaisin, jotta koko virtsaputki tulee huolellisesti huuhdeltua. Narttukoirailla riittää yleensä virtsaputken ns. normogradinen huuhtelu virtsarakosta virtsaputken aukkoon päin. Virtsarakko palpoidaan lopuksi huolellisesti läpi (Lipscomb 2012).

Virtsarakko voidaan sulkea appositionaalisilla tai inverttoivilla ompeleilla yhdessä tai kahdessa kerroksessa (Radasch ym. 1990, Thieman-Manklin ym. 2012). Tärkeintä virtsarakon ompelemisessa on submukoosan ottaminen mukaan ompeluun. Linea alba, subcutis ja iho suljetaan rutiinisti kolmessa kerroksessa (Lipscomb 2012).



Kuva 10. Virtsarakosta kystotomialla poistetut virtsakivet (Sari Mölsä 2021)

2.7.4 Tähystysavusteinen kystotomia

Virtsakivet voidaan myös poistaa tähystys- eli laparoscopia- avusteisella kystotomialla avoleikkauksen sijaan (Rawlings ym. 2003).

Potilas valmistellaan samoin kuin avoleikkausta tehtäessä. Vatsaontelon seinämään tehdään navan kaudaalipuolelle tähystysvälineistöön kuuluvalla troakaarilla portti ja vatsaontelo täytetään hiilidioksidilla. Virtsarakon kärki paikallistetaan portin kautta viedyn tähystimen avulla ja vatsaontelon seinämään tehdään virtsarakon tasolle toinen portti, jonka kautta virtsarakkoon tartutaan Babcock- pihdeillä. Jälkimmäinen portti poistetaan ja viiltoa suurennetaan, jotta pihdit ja virtsarakon seinämä saadaan osittain haavasta ulos. Virtsarakkoon tehdään pieni kystotomia- viilto ja rakon seinämä ommellaan haavan ympäriltä neljällä aputikillä kiinni vatsaontelon seinämän viiltoon. Virtsakivet poistetaan rakosta kystoskoopin tai laparoskopialaitteistoon kuuluvan tähystimen antaman näköyhteyden avulla. Apuna voidaan käyttää kori- tyyppistä instrumenttia, luukauhaa ja virtsaputken kautta huuhtelua. Virtsarakon aputikit poistetaan ja haava suljetaan rutiininomaisesti, päälle suositellaan vedettävän vatsapaitaa suojaksi. Vatsaontelon seinämä suljetaan rutiinisti (Rawlings ym. 2003).

Tähystysavusteisessa kystotomiassa kudostraumaa aiheutuu avoleikkausta vähemmän. Lisäksi virtsan valuminen toimenpiteen aikana vatsaonteloon voi olla vähäisempää sen vuoksi, että virtsarakko kiinnitetään vatsaontelon seinämään (Rawlings ym. 2003). Tähystysavusteinen kystotomia vaatii erikoisvälineistöä ja -osaamista ja vie myös avoleikkausta enemmän aikaa, varsinkin jos kiviä on paljon tai ne ovat pieniä. Toisaalta tähystysavusteisen kystotomian on todettu aiheuttavan avoleikkausta vähemmän kipua postoperatiivisesti, koska toimenpide on vähän kajoava. Tähystyksen avulla virtsakiviä ei luultavasti jää niin herkästi virtsarakkoon, koska näkyvyys on tähystimen antaman suurennon ansiosta parempi ja tarkempi (Arulpragasam ym. 2013).

2.7.5 Postoperatiivinen hoito ja komplikaatiot

Leikkauksen lopussa on tärkeää tarkastaa jonkun kuvantamismenetelmän avulla, että kaikki virtsakivet on poistettu virtsaputkesta ja -rakosta (Cuddy ja McAlinden 2012, Lipscomb 2012). Vuonna 2010 tehdyssä tutkimuksessa Grant ym. huomasivat, että

kirurgit, jotka olivat varmoja kaikkien virtsakivien poistosta, eivät ottaneet postoperatiivisesti virtsarakosta ja – putkesta röntgenkuvia residuaalikivien varalta. Tutkimuksessa 20 %:lla postoperatiivisesti kuvatuista koirista todettiin residuaalikiviä. Röntgenharvat virtsakivet eivät näy röntgenkuvissa, joten jos virtsakivityypistä ei ole varmuutta, kannattaa ultraäänitutkimusta käyttää myös apuna (Grant ym. 2010). Pitää muistaa, että vatsaontelossa oleva ilma voi häiritä näkyvyyttä ultraäänitutkimuksessa (Lipscomb 2012).

Virtsaamisen sujuvuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Virtsassa on usein aluksi verta virtsarakon haavasta mahdollisesti tiheän vuodon vuoksi, mutta verisyyden tulisi vähentyä ja loppua muutamassa päivässä. Virtsarakon tikkien ja haavan venymisen estoon koira tulee viedä tarpeilleen päiväsaikaan vähintään 4 tunnin välein ja huolehtia siitä, että koira saa pissattua ongelmitta. Koira tarkkaillaan virtsatieinfektion merkkien varalta (hematuria, dysuria, pollakiuria, stranguria ja väärin paikkoihin virtsaaminen) (Lipscomb 2012). Toimenpiteessä poistetut virtsakivet lähetetään analysoitavaksi. Omistaja jatkaa kotona potilaan kivun hoitoa lääkkeellisesti 3-14 päivän ajan, riippuen potilaasta ja toimenpiteestä. Haava-alueen nuoleminen tulee estää esimerkiksi kaulurin tai haavapuvun avulla (Horn 2013). Koiran omistajalle ohjeistetaan myös uusien virtsakivien ennaltaehkäisyyn tarkoitettu ruokavalio (Dean ym. 1990).

Suurin osa kystotomian komplikaatioista ilmenee, ennen kuin potilas kotiutetaan. Mahdollisia komplikaatioita ovat virtsarakon haavan avautuminen tai virtsan vuotaminen ompeleiden välistä vatsaonteloon, pollakiuria, stranguria, dysuria, inkontinenssi ja hematuria (Thieman-Mankin ym. 2012). Yleisimpiä näistä ovat hematuria ja dysuria, jotka menevät tavallisesti ohi itsekseen (Lipscomb 2012). Komplikaatioita käsitteleviä tutkimuksia on julkaistu vähän. Thieman-Mankin ym. (2012) havaitsivat tutkimuksessaan 45,8 %:lla leikatuista eläimistä komplikaatioita sairaalassaoloaikana. Näistä komplikaatioista 97 % oli vähäisiä ja 3 % vakavampia. Vähäiset komplikaatiot jakaantuivat seuraavasti: 61 % hematuriaa, 14 % inkontinenssia, 13 % stranguriaa ja 5 % vatsaontelon haavan komplikaatiota, joita olivat mustelmat, turvotus ja seromat eli heraisen nesteen täyttämät ontelot. Vakavampi komplikaatio oli virtsan vuotaminen vatsaonteloon, jonka vuoksi potilaat piti leikata uudelleen (Thieman-Mankin ym. 2012). Myös Grant ym. (2010) totesivat tutkimuksessaan 4 %:lla koirista kystotomian seurauksena syntyneitä vatsaontelon

haavaan liittyviä komplikaatioita, joita olivat seromat, iho-ompeleiden aiheuttama turvotus ja ärsytystä sekä ompeleiden avautuminen.

Grant ym. (2010) tutkivat kystotomian komplikaatioihin ja ennusteeseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkijat totesivat, että niillä eläimillä, joilla oli virtsakiviä virtsarakossa ja -putkessa, oli suurempi todennäköisyys epäonnistuneelle virtsakivien poistolle, kuin koirilla, joilla kiviä oli vain joko virtsarakossa tai virtsaputkessa.

2.8 VIRTSAPUTKEN KIRURGIA

Uretrotomiassa virtsaputki avataan väliaikaisesti. Yleisin syy toimenpiteelle on uroskoiran virtsaputkessa juuttuneena oleva virtsakivi, jota ei saada huuhdeltua urohydropulsaation avulla takaisin virtsarakkoon. Uretrostomiassa virtsaputkeen tehdään pysyvä avanne. Syitä tähän voivat olla jatkuvasti uusiutuva virtsaputken tukos tai virtsaputken trauma (Smeak 2000).

2.8.1 Virtsaputken haavojen paraneminen

Kuten muuallakin virtsateissä, myös virtsaputken haavat paranevat nopeasti erityisesti epiteelin nopean uusiutumiskyvyn ansiosta. Tärkeitä virtsaputken paranemiseen vaikuttavia tekijöitä ovat limakalvon eheys ja virtsan vuotaminen kudoksiin. Virtsan valuminen haava-alueelle hidastaa vaurioituneen kudoksen paranemista ja lisää myös arpikudoksen muodostumista. Jos virtsaputken haava-alueen limakalvo onnistutaan ompelein saattamaan appositioon, epitelisatio tapahtuu nopeasti, noin seitsemän päivän aikana. Virtsaputken paisuvaiskudoksen uusiutuminen vie aikaa 3-5 viikkoa. Virtsaputken seinämät ovat ohuet, joten sen vuoksi kirurgin tulee käsitellä kudoksia erittäin hellästi (Layton ym. 1987, Degner ja Walshaw 1996, Boothe 2000).

2.8.2 Ommeltyypit ja -materiaalit

Virtsaputkeen käytettävistä ommelmateriaaleista on vähän tutkittua tietoa. Teoriassa virtsaputken sulkemiseen suositellaan käytettävän samoja lankamateriaaleja kuin virtsarakon sulkemiseen. Syyt tähän ovat samoja, mitä aiemmin on jo käyty läpi.

Kuitenkin ommelmateriaalien vahvuus ja neulan malli ovat osittain erilaiset virtsaputken kirurgiassa (Dean ym. 1990, Schiller ym. 1993, Jens ja Bjorling 2001, Greenberg ym. 2004, Cuddy ja McAlinden 2012).

Virtsaputken ompeluun suositellaan käytettävän synteettistä yksisäikeistä sulavaa materiaalia (Schiller ym. 1993, Jens ja Bjorling 2001, Greenberg ym. 2004, Cuddy ja McAlinden 2012). Suositus langan vahvuudelle on USP 4-0 tai 5-0 ja neulana kirjallisuudessa suositellaan pyöreäpäistä, ei- leikkaavaa neulaa (taper) (Dean ym. 1990). Pysyvää avannetta tehdessä virtsaputken ompeluun voidaan käyttää myös poistettavaa yksisäikeistä sulamatonta materiaalia, esimerkiksi polypropyleeniä, polybutesteria tai polyamidia (Dean ym. 1990, Smeak 2000).

Kuten virtsarakossakin, virtsan pH sekä mahdollinen infektio voivat vaikuttaa ommelmateriaaleihin vetolujuutta heikentävästi. Poliglekapronia on käytetty menestyksekkäästi kokemuseräisen tiedon perusteella, mutta sen on *in vitro*-tutkimuksessa todettu menettävän nopeasti vetolujuutensa joutuessaan kosketuksiin virtsan kanssa (Greenberg ym. 2004, Cuddy ja McAlinden 2012). Hitaammin sulavaa lankaa, esimerkiksi polydioksanonia, suositellaan käytettävän, jos haavan paranemisen odotetaan olevan hidastunutta. Monisäikeistä punottua lankaa ei tulisi käyttää, koska se voi toimia bakteerien kiinnittymispaikkana, aiheuttaa kudoksen läpi vedettäessä kitkaa ja hajoaa nopeasti virtsan vaikutuksesta (Schiller ym. 1993). Valitsemalla mahdollisimman nopeasti sulava lanka, joka ärsyttää kudosta niin vähän kuin mahdollista, minimoidaan arven muodostuminen ja edesautetaan kudosten uusiutumista (Jens ja Bjorling 2001).

Uretrotomiassa ompeleina voidaan käyttää yksittäisiä ompeleita tai yksinkertaista jatkuvaa ommelta (Waldron ym. 1985, Dean ym. 1990). Haavan voi myös jättää paranemaan avoimena (Waldron ym. 1985, Weber ym. 1985). Uretrostomiassa virtsaputken limakalvo ja iho ommellaan toisiinsa yksittäisillä tai jatkuvilla ompeleilla yksisäikeisellä sulamattomalla tai sulavalla langalla (Smeak 2000, Cuddy ja McAlinden 2012).

2.8.3 Uretrotomia

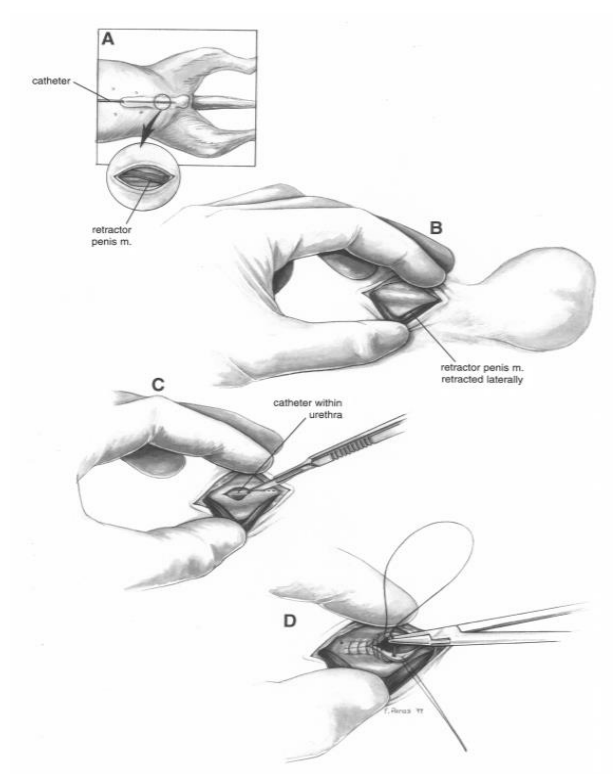
Uroskoirilla uretrotomia voidaan tehdä preskrotaalisesti, skrotaalisesti tai perineaalisesti (Smeak 2000). Usein toimenpide tehdään preskrotaalisesti, koska yleensä virtsakivi tai -kivet ovat siitinluun takana juuttuneena. Tämä on myös anatomisesti optimaalinen leikkauskohta, koska virtsaputken päällä on tässä kohtaa vähän paisuvaiskudosta ja virtsaputki kulkee pinnallisesti (Cuddy ja McAlinden 2012).

Preskrotaalista uretrotomiaa varten koira laitetaan yleisanestesiaan. Karvat ajetaan ja leikkausalue puhdistetaan sekä desinfioidaan. Myös kivespussit otetaan mukaan leikkausalueelle siltä varalta, että toimenpide pitää muuttaa skrotaaliseksi uretrostomiaksi. Esinahka tulee myös puhdistaa huolellisesti, jotta potilas voidaan leikkauksen aikana katetroida mahdollisimman steriilisti. Katetroinnin avulla virtsaputki paikannetaan ja se helpottaa virtsaputken viillon tekoa. Ihoviilto tehdään siitinluun kaudaalipuolelle tukoskohdan päälle pitkittäin noin 1-2 cm matkalta (kuva 11). Ihonalaiskudosta läpäistään varovasti, kunnes paikallistetaan esinahan liikuttajalihas. Tämä irrotetaan virtsaputken päältä ja siirretään lateraalisesti sivuun. Sen alta paljastuu pinnaltaan sinipunainen, noin 3-4 mm leveä virtsaputki, jonka molemmilla puolilla on valkoinen virtsaputken paisuvaiskudoksen (*corpus spongiosum penis*) päällä oleva valkokalvo (*tunica albuginea*) (Smeak 2000, Cuddy ja McAlinden 2012).

Peukalon ja etusormen avulla stabiloidaan virtsaputki paikalleen ja tehdään tarvittavan kokoinen viilto pituussuunnassa koon 15 skalpellilla. Tarvittaessa haavaa voidaan varovasti avata lisää pienten kudossaksien avulla. Viilto voidaan tehdä virtsakiven päälle, sen läheisyyteen tai katetrin päälle. Erityisen tärkeää on, että viilto tehdään juuri keskilinjaan, muuten verenvuotoa on paljon. Virtsaputken paisuvaiskudos vuotaa runsaasti verta, vuotokohtaa voi painaa steriilillä taitoksella tai vanupuikolla, jotta näkyvyys leikkausalueella säilyy. Virtsakivi poistetaan virtsaputkesta ja katetri viedään sitä pitkin virtsarakkoon. Virtsaputki huuhdellaan vielä steriilillä keittosuolaliuoksella kiven tai kivien poistamisen jälkeen (Smeak 2000, Cuddy ja McAlinden 2012).

Kirurgin mieltymyksestä ja kudosten kunnosta riippuen haava voidaan sulkea ompelein tai jättää paranemaan avoimena (Weber ym. 1985). Ompeleilla sulkemista suositellaan, jos virtsaputken limakalvo on ehjä ja terveen näköinen (Dean ym. 1990). Virtsaputken mukoosa ja paisuvaiskudos suljetaan USP 4-0 tai 5-0 yksisäikeisellä sulavalla langalla, jossa on pyöreä neula (Cuddy ja McAlinden 2012). Ompeleina voi

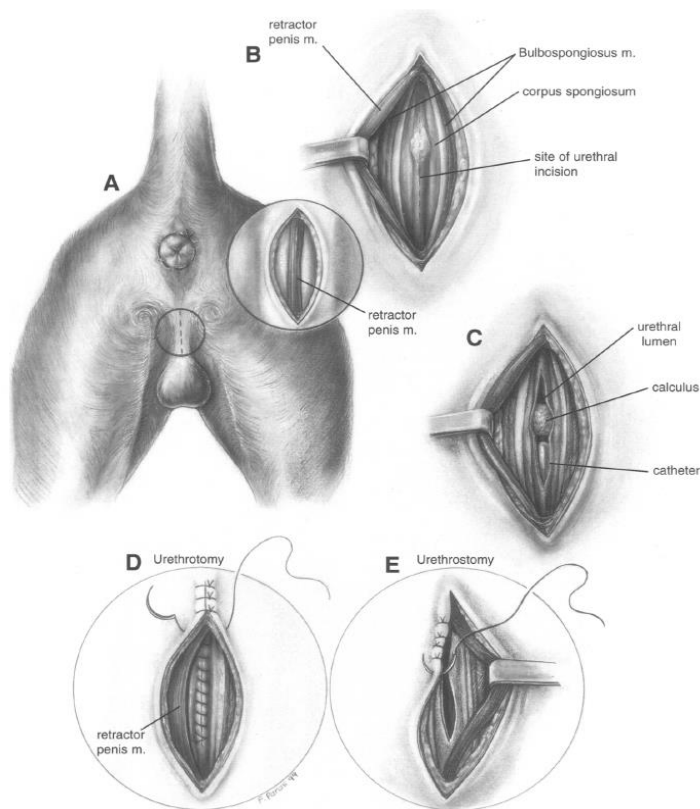
käyttää yksittäisiä ompeleita tai yksinkertaista jatkuvaa ommelta, otteiden tulee olla noin 1,5-2 mm syviä ja noin 2-3 mm etäisyydellä toisistaan. Ihonalaiskudos ja iho suljetaan rutiinisti jatkuvilla ompeleilla (Waldron ym. 1985, Dean ym. 1990). Jos haava jätetään paranemaan avoimena, verenvuoto on aluksi runsaampaa, joten haavassa kannattaa pitää painetta 5 min ajan hyytymisen nopeuttamiseksi. Myös arpikudosta muodostuu haavan alueelle enemmän, kun haava paranee avoimena. Koira virtsaa haavasta 2-13 päivän ajan, kunnes haava umpeutuu (Waldron ym. 1985, Weber ym. 1985).



Kuva 11. Preskrotaalinen uretrotomia (Smeak 2000)

Uretrotomia on mahdollista tehdä tarvittaessa myös penisluurin alueelle. Kolmella koiralla tehdyssä tutkimuksessa toimenpiteen raportoitiin olevan preskrotaalista uretrotomiaa helpompi, koska tällä alueella ei ole paisuvaiskudosta tai esinahan liikuttajalihasta, joten verenvuotoa esiintyy vähemmän. Haava jätetään paranemaan avoimena, paranemisaika oli noin kuukausi (Cinti ym. 2015).

Uroskoirille voi tehdä myös perineaalisen uretrotomian (kuva 12). Toimenpide on muuten teoriassa samanlainen kuin preskrotaalinen, mutta virtsaputki sijaitsee syvemmällä. Alue on myös vaikeammin lähestyttävissä, koska tällä alueella paisuvaiskudoksen lihakset peittävät virtsaputkea. Myös verisuonitus on perineaali-alueella distaalisen virtsaputken aluetta tiheämpää (Dean ym. 1990). Perineaalisessa uretrotomiassa peräaukko tulee muistaa sulkea leikkauksen ajaksi tupakkapussiompeleella leikkausalueen kontaminoitumisriskin pienentämiseksi. Viilto tehdään keskilinjaan, peräaukon ja kivespussien puoliväliin. Esinahan liikuttajalihas irrotetaan ja siirretään lateraalisesti sivuun. Sen alta paljastuu kaksi virtsaputken paisuvaiskudoksen lihasta, jotka erotetaan keskilinjasta ja siirretään molemmille sivuille. Näiden alla on virtsaputki ja virtsaputken paisuvaiskudos. Virtsaputken keskilinjaan tehdään pitkittäin viilto, mielellään katetria tai virtsakiveä vasten ja virtsakivet poistetaan. Haava suositellaan suljettavan veren- ja virtsanvuodon sekä niiden aiheuttaman kudosaärsytyksen vähentämiseksi. Haava jätetään kuitenkin paranemaan avoimena, jos virtsaputkeen täytyy jättää katetri, tai virtsaputken limakalvo on vaurioitunut tai vetäytynyt (Smeak 2000).



Kuva 12. Perineaalinen uretrotomia ja urethrostomia (Smeak 2000)

2.8.4 Uretrostomia

Uretrostomiassa koiralle tehdään virtsaputkeen pysyvä avanne, jonka kautta se voi virtsata (Dean ym. 1990, Smeak 2000).

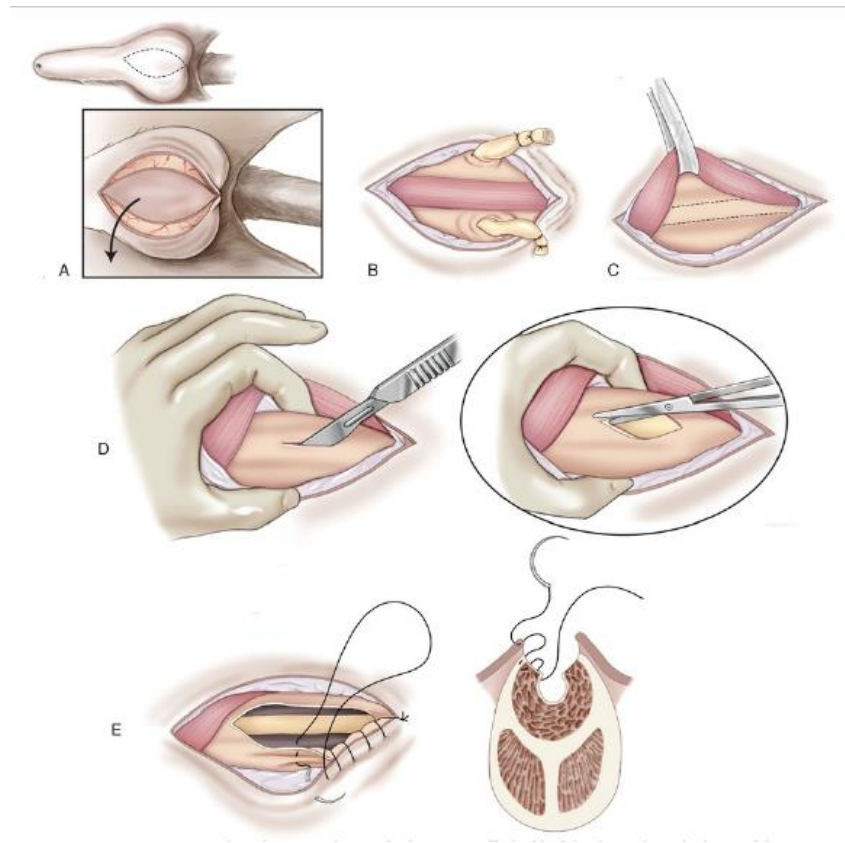
Uretrostomia voidaan tehdä uroskoirille skrotaalisesti, preskrotaalisesti, perineaalisesti. Mikäli mahdollista, uretrostomia tehdään skrotaalisesti, koska tällä alueella virtsaputki on laajempi, joustavampi ja sijaitsee pinnallisemmin, mikä vähentää mahdollisten komplikaatioiden riskiä ja helpottaa avanteen tekoa (Dean ym. 1990, Smeak 2000). Teoriassa koirille voidaan tehdä uretrostomia myös prepubikaalisesti häpyluun etupuolelle tai subpubikaalisesti häpyluuhun tehdyn osteotomian kautta, mutta käytännössä näitä tehdään erittäin harvoin, toimenpiteisiin liittyvien haittavaikutusten ja komplikaatioiden vuoksi (Cuddy ja McAlinden 2012).

Skrotaalista uretrostomiaa varten koira valmistellaan leikkaukseen kuten uretrotomiassa ja myös kivespussit sisällytetään leikkausalueelle. Ellipsin tai veneen muotoinen ihoviilto tehdään intakteilla uroksilla kivespussien päälle ja kastroiduilla koirilla kivespussin jäännösten päälle (kuva 13). Ihoa tulee jättää sivusuunnassa riittävästi, jotta ompeleet eivät kiristä. Kastratio suoritetaan ja kivekset sekä kivespussit poistetaan kokonaan (Cuddy ja McAlinden 2012). Tähän tulee muistaa kysyä omistajan lupa, koska skrotaalista uretrostomiaa ei voi suorittaa ilman kastraatiota (Smeak 2000). Esinahan liikuttajalihas paikallistetaan, irrotellaan virtsaputken päältä ja siirretään lateraalisesti sivuun (Cuddy ja McAlinden 2012).

Virtsaputken keskilinjaan tehdään skalpellilla pieni viilto. Viillon on tärkeä olla keskilinjassa, koska muuten verenvuoto on runsasta, kuten uretrotomiassa. Haavaa suurennetaan pienillä kudossaksilla. Sen pituuden tulee olla noin 2,5-4 cm riippuen koiran koosta ja sopiva pituus on 5-8 x koiran virtsaputken halkaisija (Smeak 2000). Avanne supistuu noin 33- 50 % haavan parantumisen aikana, joten viillosta tulee tehdä riittävän pitkä. Verenvuoto on tyypillisesti runsasta, mutta vuoto vähenee, kun ompeleet saadaan paikalleen (Cuddy ja McAlinden 2012).

Virtsaputken limakalvo on ohut ja hauras, joten kudoksen käsittelyn tulee olla vaurioiden välttämiseksi hellää (Cuddy ja McAlinden 2012). Virtsaputken limakalvo ja iho ommellaan toisiinsa avanteen molemmilta reunoilta yksittäisillä tai jatkuvilla ompeleilla 4-0 tai 5-0 yksisäikeisellä sulamattomalla tai sulavalla langalla (Smeak

2000, Cuddy ja McAlinden 2012). Jatkuvalle ompeleelle on useita etuja verrattuna yksittäisiin ompeleisiin: kudokset saadaan paremmin appositioon, solmuja tulee vähemmän ja kudosaärsytys on myös pienempää (Smeak 2000).



Kuva 13. Skrotaalinen uretrostomia (Cuddy ja McAlinden 2012)

Yksisäikeistä lankaa suositellaan, koska se aiheuttaa vähemmän ärsytystä ja kitkaa kudokseen. Pyöreä neula leikkaavalla kärjellä (taper-cut) on suositeltava, koska se saadaan vietyä mahdollisimman helposti ja atraumaattisesti kudoksesta sekä ihosta läpi. Ompelu aloitetaan avanneaukon kaudaalikulmasta ja jatkuvaa ommelta käytettäessä ommellaan yksi puoli kerrallaan. Ompelussa kiinnitetään erityistä huomiota siihen, että limakalvon ja ihon reuna tulee olla kohdakkain, eikä kudoksiin kohdistu ylimäärin jännitystä (Smeak 2000). Iho on paljon paksumpaa kuin limakalvo, joten avanteen ompelu voi olla haastavaa (Cuddy ja McAlinden 2012). Hyvän kudosaapposition aikaansaamiseksi otteen voi tarvittaessa ihon puolelta ottaa vain ihon pinnallisemmasta kerroksesta. Limakalvo vetäytyy helposti pois haavasta ja se on

helppo hukata. Lisäksi suositellaan modifioitua kolmen otteen ompelutekniikkaa, jossa ommelta kiristetään joka vedon jälkeen. Ensimmäinen ote on virtsaputken limakalvosta, toinen ote tunica albugineaasta ja kolmas ote ihosta (kuva 14). Paisuvaiskudoksen verenvuotoa saadaan vähennettyä ja ommellinjasta tulee tukevampi, kun tunica albuginea otetaan mukaan ompeleihin (Smeak 2000). Mikäli ompeleiden väleistä vuotaa verta tai välit sallivat virtsan vuotamisen kudokseen ompeleiden väleihin saatetaan joutua lisäämään yksittäisiä tikkejä. Leikkauksen lopussa varmistetaan katetrin avulla, ettei virtsaputkessa ole enää tukosta (Cuddy ja McAlinden 2012).

Perineaalista uretrostomiaa käytetään koirilla, jos virtsaputken ongelma sijaitsee niin proksimaalisesti, että skrotaalisesta uretrostomiasta ei ole apua tai skrotaalin uretrostomia on epäonnistunut. Leikkaus suoritetaan muuten teoriassa samalla lailla kuin skrotaalin uretrostomia, mutta se on kuitenkin monimutkaisempi ja teknisesti haastavampi, koska virtsaputki sijaitsee ihoon nähden syvemmillä. Virtsaputken päällä sijaitseva paisuvaiskudoksen lihas avataan. Lihassäikeiden välistä, keskilinjasta dissekoidaan, jotta paisuvaiskudos ja virtsaputki saadaan näkyviin. Avanteen lopullisen koon tulisi olla 2-2,5 cm. Ompeleet tehdään kuten skrotaalisessa uretrostomiassa, mutta yksittäin, jotta haavasta tulee pitävämpi (Smeak 2000).

Prepubikaalista uretrostomiaa voidaan ääritilanteessa joutua käyttämään, jos tervettä virtsaputkea ei ole riittävästi muiden tekniikoiden hyödyntämiseksi (Dean ym. 1990, Cuddy ja McAlinden 2012). Prepubikaalisessa uretrostomiassa lantioalueen virtsaputki irrotetaan, katkaistaan ja tuodaan vatsan alueella, vatsanpeitteiden läpi ulos, 2-3 cm linea albasta lateraalisesti ja kiinnitetään vatsanpeitteisiin useassa kerroksessa (Smeak 2000). Optimitalanteessa nartuilla virtsaputki irrotetaan läheltä vaginaa ja uroksilta läheltä eturauhasta. Tällöin inkontinenssin riskiä voidaan vähentää, kun virtsaputki säilyy mahdollisimman pitkänä (Cuddy ja McAlinden 2012).



Kuva 14. Juuri tehty skrotaalinen uretrotomia, haavan kaudaalipää vasemmalla ja penis oikealla (Sari Mölsä 2021)

2.8.5 Postoperatiivinen hoito ja komplikaatiot

Virtsaputken kirurgiassa koiran postoperatiivinen hoito on kipulääkityksen, haavan nuolemisen eston, virtsakivien tutkimisen sekä niiden ennaltaehkäisyn kannalta samanlainen kuin kystotomian jälkeen. Virtsasta tulee ottaa näytteitä, jotta mahdolliseen tulehdukseen voidaan heti reagoida (Smeak 2000). Yleisiä komplikaatioita virtsaputken kirurgian jälkeen ovat: verenvuoto, virtsaputken ahtautuminen, tulehdus, virtsan valuminen haava-alueelle ja vakavat mustelmat (Runge ym. 2011).

Uretrotomian jälkeen haavan ympärille voi laittaa öljypohjaista geeliä ehkäisemään virtsan aiheuttamia palovammoja ja kivespussien ihotulehdusta. Nämä ovat erityisesti riskinä, jos leikkaushaava jätetään paranemaan avoimena, koska tällöin virtsaa vuotaa myös haavasta (Dean ym. 1990).

Yleisin komplikaatio uretrotomian jälkeen on verenvuoto. Haavan parantuessa avoimena verenvuodon esiintyminen 5-7 päivän ajan on normaalia (Weber ym. 1985, Cuddy ja McAlinden 2012). Weber ym. (1985) havaitsivat, että avoimena parantuvissa haavoissa esiintyi verenvuodon lisäksi enemmän sidekudosmuodostusta ja vähemmän tulehdusreaktiota. Ompelein suljettujen haavojen tulehdusreaktio ei riippunut siitä, oliko haava suljettu yksi- vai monisäikeisellä langalla (Weber ym. 1985). Mahdollisia komplikaatioita ovat myös virtsaputken ahtauma ja jatkuvasti uusiutuva verenvuoto virtsaputken paisuvaiskudoksesta (Waldron ym. 1985, Weber ym. 1985).

Riski ahtaumalle kasvaa, jos virtsaputken limakalvo on vaurioitunut tai vetäytynyt ja haavaa yritetään silti sulkea (Weber ym. 1985). Jos verenvuoto on runsasta, vuotokohdan uudelleen ompelu voi olla tarpeen (Cuddy ja McAlinden 2012).

Uretrostomia- potilaille tulee laittaa jo heräämisvaiheessa kauluri tai haavapuku, jotta avanteen nuoleminen voidaan estää. Jos uretrostomian kohtaan laitetaan poistettavat tikit, ne täytyy poistaa rauhoituksessa 10-14 päivän kuluttua leikkauksesta (Dean ym. 1990, Cuddy ja McAlinden 2012). Tällöin kaulurin voi ottaa pois 2-3 päivää tikkien poistamisen jälkeen (Smeak 2000). Jos taas avanne ommellaan sulavilla tikeillä, kaulurin annetaan olla koiralla 2-3 viikkoa, jotta avanne saa parantua rauhassa (Cuddy ja McAlinden 2012).

Uretrostomian jälkeen koiraa suositellaan pidettävän seurannassa sairaalahoidossa, koska toimenpiteen suurimpana riskinä on postoperatiivinen verenvuoto. Koiran kiihtyminen tai runsas liikunta voivat myös lisätä verenvuotoa, sen vuoksi liikuntaa tulee rajoittaa. Pieneen vuotoon voidaan reagoida painesiteen ja kylmähoidon avulla, mutta jos verenvuoto on runsaampaa, avanteeseen tulee tarvittaessa laittaa lisää yksittäisiä tikkejä yleisanestesiassa. Virtsan tihkuminen ihonalaiskudokseen voi aiheuttaa sen, että avanteen ympärys on poikkeuksellisen kivulias, turvonnut ja mustelmainen (Smeak 2000). Tällaisille potilaille suositellaan pehmeän katetrin asettamista virtsaputkeen, sillä katetrin kautta virtsan vuotoa avanteen kautta pystytään vähentämään ja avanteen parantuminen edistyy (Dean ym. 1990). Rutiininomaisessa hoidossa katetria vältetään, koska se lisää virtsatieinfektion riskiä ja mahdollisesti myös virtsaputken ahtauman riskiä (Smeak 2000).

Yleisin komplikaatio skrotaalisessa uretrostomiassa on myös jatkuva verenvuoto, samoin kuin uretrotomiassa (Waldron ym. 1985). On tavallista, että 10-14 päivää leikkauksen jälkeen virtsaamisen yhteydessä edelleen ilmenee verenvuotoa (Dean ym. 1990). Jatkuvan ompeleen käytön ja kolmen otteen tekniikan on todettu vähentävän aktiivista verenvuotoa selvästi (Smeak 2000). Jos verenvuotoa esiintyy toimenpiteen jälkeen pidempään, tulee harkita uusintaleikkausta (Cuddy ja McAlinden 2012). Skrotaalisen uretrostomian jälkeen osalla koirista esiintyy virtsan aiheuttamia palovammoja, virtsatietulehduksia ja toistuvia virtsakivitukoksia, vaikka uretrostomia vähentääkin virtsakivitukoksen riskiä (Smeak 2000). Virtsaputken ahtauma on harvinaista ja on usein seurausta puutteellisesta leikkaustekniikasta, leikkauksen jälkeisestä traumasta tai primaarisesta sairaudesta. Komplikaatiot muissa

uretostomioissa ovat samanlaisia, mutta niitä esiintyy vain yleisemmin. Avannetta ympäröivän virtsanärsytyksen aiheuttamat ihon tulehdukset ovat hyvin yleisiä. Virtsatietukoksia ja virtsatietulehduksia voi esiintyä virtsaputken ahtauman seurauksena (Cuddy ja McAlinden 2012). Prepubikaalisen uretostomian jälkeen voi esiintyä inkontinenssiä, varsinkin jos jäljelle jäänyt virtsaputki on lyhyt tai leikkauksen aikana on aiheutunut hermovamma (Smeak 2000).



Kuva 15. Lähes umpeutunut uretostomia- avanteen aukko (Sari Mölsä 2021)

2.9 KIVIEN MURSKAAMINEN LITOTRIPSIALLA

Litotripsia- avusteisella tekniikalla virtsakiviä pilkkotaan pienemmiksi paloiksi paineaaltojen (shock-waves) tai laserin avulla. Laser- litotripsia soveltuu erityisesti alempien virtsateiden virtsakivien pilkkomiseen ja Ho: YAG (Holmium: Ytrium- alumiini-granaatti) laseria on käytetty koirillakin virtsaputkessa ja -rakossa olevien kivien pilkkomiseen. Kyseessä on puolijohdelaser, joka lähettää valoa infrapunaa aallonpituudella (2,1 nm). Laserin energia siirretään silikaattikvartsiseen optiseen kuituun, jonka halkaisija on todella pieni. Laser- kuitu viedään tähystimen avulla virtsaputkea pitkin virtsakiven taakse ja laserin avulla kivi saadaan hajotettua palasiksi. Toimenpiteen avulla hajotetut virtsakiven palaset voidaan huuhdella

urohydropropulsaation avulla ulos tai ne voidaan poistaa myös tähystintä apuna käyttäen korimallisilla pihdeillä (Adams ym. 2008).

Ideaalisia potilaita litotripsialle ovat narttukoirat, joilla on muutamia virtsakiviä virtsaputkessa. Uroskoirilla toimenpiteen tekemistä suositellaan yli 7 kg painaville eläimille, koska uroskoirien virtsaputken halkaisija on pienempi. Varsinkin pienikokoisilla uroskoirilla virtsaputken pieni halkaisija hankaloittaa ja hidastaa toimenpidettä (Adams ym. 2008). Narttukoirien virtsaputki on lyhyempi, leveämpi ja suurempi. Tämä nopeuttaa ja helpottaa tähystimen viemistä virtsaputkeen. Koirilla julkaistu tutkimustieto litotripsiasta on vielä vähäistä ja lisätutkimuksia aiheesta tarvitaan (Lulich ym. 2009).

Toimenpiteen epäonnistuminen voi johtua kapeasta virtsaputken halkaisijasta, virtsarakon perforaatiosta urohydropropulsaation aikana, laserin aiheuttamasta virtsarakon tai -putken perforaatiosta tai virtsaputkeen vahingossa jäävistä virtsakivistä. Litotripsian jälkeen on havaittu hematuriaa ja lyhytaikaisesti on lisäksi havaittu virtsaputken turpoamista ja tukkeutumista (Adams ym. 2008).

3 POHDINTA

Virtsakivet ovat yleinen vaiva, ja niitä joudutaan hoitamaan paljon kirurgisesti. Sen vuoksi onkin tärkeää tietää, miten hoito kannattaa aloittaa missäkin tilanteessa. Omistajan kannattaa olla selvillä kuuluuko hänen koiransa jonkun virtsakivityypin riskirotuun, koska ennaltaehkäisyn ja oireiden varhaisen havaitsemisen avulla pääsee virtsakivien hoidossa jo pitkälle; esimerkiksi dalmatialaisilla uraattikivien syntyä voidaan ennaltaehkäistä matalaproteiinisella ruualla (Bartges ym. 1999). Iso osa virtsakivistä voidaan hoitaa myös pitkälti ruokavalion, lääkkeiden ja lisäravinteiden avulla, jos koiralla ei ole kliinisiä oireita (Lulich ym. 2016). Harvinaisemmista silikaatti- ja ksantiinikivistä on olemassa vain vähän tutkittua tietoa, joten hoitokäytäntöihin jää soveltamisen varaa.

Yllätyin siitä, että lähteitä etsiessäni huomasin kirurgian oppikirjoissa (Fossum ym. 2012, Johnston ja Tobias 2012) olevan paljon tietoa, jossa ei viitattu suoraan mihinkään tutkimukseen. Esimerkiksi ommelmateriaaleista on vain vähän tutkimuksia, joista suurin osa on sellaisia, jotka on tehty *in vitro*-olosuhteissa. Silti käytämme hyvillä mielin näiden tutkimustulosten valossa virtsarakon sulkemiseen polydioksanonia, polyglykonaattia tai glykomeeria 631, jotka ovat keskenään hyvin samankaltaisia ominaisuuksiltaan (Greenberg ym. 2004). Ommelmateriaaleista kannattaisi tehdä uusia kliinisiä tutkimuksia, koska tutkittua tietoa asiasta ei ole paljoakaan. Myös ihmisten virtsarakon ompeluun soveltuvista materiaaleista on vain vähän tutkimuksia. Erään tutkimuksen löysin vuodelta 1998, jossa oli päädytty samoihin tuloksiin kuin näissä muutamissa eläimiin liittyvissä tutkimuksissa: yksisäikeiset sulavat lankamateriaalit ovat oikea valinta virtsarakon ompeluun (Pal 1998).

Huomasin myös, että virtsatieinfektion vaikutuksesta virtsarakon haavan paranemiseen eläimillä eikä ihmisillä ei löytynyt yhtään artikkelia. Oletus kuitenkin olisi, että infektio vaikuttaisi ainakin jollain tasolla haavan paranemiseen, koska ommelmateriaalien vetolujuus heikentyy infektion vaikutuksesta.

Koiran ja omistajan etu on se, että virtsakivet poistetaan mahdollisimman vähän kajoavasti, eli heti ensimmäisenä ei ryhdytä kirurgiseen toimenpiteeseen vaan pohditaan sopivia hoitovaihtoehtoja rauhassa. Jos virtsakivet aiheuttavat virtsaputkeen tukoksen, joudutaan kuitenkin toimimaan nopeasti. Tässä voidaan käyttää laser-

litotripsiaa, joka on melko uusi menetelmä. Sen avulla koirien virtsaputkessa ja -rakossa olevia kiviä voidaan pilkkoa pienemmiksi (Adams ym. 2008). Litotripsian käytöstä on aika vähän tutkimuksia, ja näitä laitteita ei myöskään ole monessa paikassa Suomessa. Yliopistolliseen eläinsairaalaan on juuri saatu litotripsia-laitteet, ja niiden käyttö kliinisillä potilailla on alkamassa. Laitteen käyttö voi kuitenkin olla tärkeässä osassa tulevaisuudessa, koska parhaimmillaan litotripsian avulla voidaan välttää itse kirurginen toimenpide. Virtsaputkessa jumissa olevat virtsakivet voidaan hajottaa tämän avulla, huuhdella katetrin kautta steriilin keittosuolaliuoksen avulla takaisin virtsarakkoon ja poistaa täältä ilman kirurgiaa urohydropropulsaation avulla. Litotripsia-laite on varmasti kallis, mutta nykypäivänä ihmiset haluavat panostaa omien eläimiensä hoitoon yhä enemmän. He toivovat, että toimenpiteet tehdään vain vähän kajoavasti, joten sen hankinta voisi olla hyödyllistä. Toisaalta tulee miettiä, onko laitteen käyttö kuitenkaan niin yleistä, että se muodostuisi kannattavaksi.

Tähystysavusteisesta kystotomiasta olen myös sitä mieltä, että sen käyttö tulevaisuudessa varmasti yleistyy paljon. Sen tiedän, että tähystyslaitteita alkaa nykypäivänä olemaan ympäri Suomea enenevissä määrin. Tähystysavusteisuus tekee toimenpiteestä vähemmän kajoavan, joten haava on myös siten tavallista kystotomian haavaa pienempi ja paranee nopeammin (Rawlings ym. 2003). Kannattavuudeltaan tähystysavusteiseen laitteistoon investointi on varmasti litotripsiaan verrattuna viisaampaa, koska nykyään tähystintä voidaan käyttää apuna mm. narttukoirien sterilaatiossa ja uroskoirien vatsaontelossa olevien piilokivesten poistossa.

Joskus myös virtsaputkeen liittyvää kirurgiaa joutuu harjoittamaan, vaikka se on aina viimeinen vaihtoehto suuren kajoavuuden vuoksi. Välillä on tilanteita, joissa virtsakiviä tai -kiveä ei saada millään huuhdeltua virtsaputkesta takaisin virtsarakkoon, jolloin ensisijaisena vaihtoehtona on uretrotomia. Virtsaputken haavan voi sulkea ompelemalla tai jättää paranemaan avoimena. Minusta tuo haavan avoimeksi jättäminen kuulosti alkuun todella kummalliselta, koska tällöin virtsaa tulee haavasta ulos ja paraneminen vie pidempään. Toisaalta ymmärrän, että haava on parempi jättää avoimeksi, jos iho on ärtynyt tai tulehtunut.

Jos taas virtsaputkessa on pysyvä vaurio tai virtsakivet tukkivat jatkuvasti uudelleen virtsaputken, on uretrostomian teko tällöin kannattavaa (Smeak 2000). Uretrostomiaa tulee harkita tarkkaan, koska muutokset ovat lopullisia. Uretrostomian tekniikoista skrotaalinen on kaikista suositeltavin, koska tässä haittavaikutukset ovat vähäisimpiä

(Dean ym. 1990). Virtsaputken ompelussa käytettävistä lankamateriaaleista on olemassa myös todella vähän tutkimuksia. Kukaan ei tiedä mikä materiaali olisi oikeasti ihanteellisin virtsaputken sulkemista varten, koska tutkimuksia ei ole.

Erityisen tärkeää kirurgisen toimenpiteen jälkeen on ottaa kontrollin vuoksi röntgenkuva virtsarakosta tai tutkia se ultraäänen avulla residuaalikivien varalta. Olisi ikävää, jos näin invasiivisen toimenpiteen jälkeen koiralle jäisi virtsakiviä virtsarakkoon tai -putkeen. Virtsakivien poiston jälkeen tulee myös selvittää, mistä materiaalista virtsakivet on tehty, jotta jatkossa virtsakivien muodostusta voidaan ennaltaehkäistä mm. oikealla ruokavaliolla.

Kaiken kaikkiaan perustietoa virtsakivien hoidosta on hyvin saatavilla, mutta ehdottomasti lisätutkimusta vaatisivat ommelmateriaalit.

4 LÄHTEET

Adams L, Berent A, Moore G, Bagley D. Use of laser lithotripsy for fragmentation of uroliths in dogs: 73 cases (2005-2006). J Am Vet Med Assoc 2008, 232: 1680-1687.

Adin C. Vagina, Vestibule & Vulva. Teoksessa: Johnston S & Tobias K (toim.) Veterinary Surgery Small Animal. 2. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2012, 2130-2141.

Aldrich J, Ling G, Ruby A, Johnson D, Franti C. Silica-containing Urinary Calculi in Dogs (1981-1993). J Vet Intern Med 1997, 5: 288-295.

Appel S, Lefebvre S, Houston D, Holmberg D, Arnold Stone E, Moore A, Weese S. Evaluation of risk factors associated with suture- nidus cystoliths in dogs and cats: 176 cases (1999-2006). J Am Vet Med Assoc 2008, 12: 1889-1895.

Arulpragasam S, Case J, Ellison G. Evaluation of costs and time required for laparoscopic-assisted versus open cystotomy for urinary cystolith removal in dogs: 43 cases (2009-2012). J Am Vet Med Assoc 2013, 5: 703-708.

Bartges J, Callens A. Urolithiasis. Vet Clin Small Anim 2015, 45: 747–768.

Bartges J, Osborne C, Lulich J, Kruger J, Sanderson S, Koehler L, Ulrich L. Canine Urate Urolithiasis. Vet Clin N Am-Small 1999, 1: 161-191.

Baskin L, Sutherland R, Thomson A, Nguyen H, Morgan D, Hayward S, Hom Y, Cuntha G. Growth factors in bladder wound healing. Urology 1997, 157: 2388-2395.

Beck A, Grierson J, Ogden D, Hamilton M, Lipscomb V. Outcome of and complications associated with tube cystotomy in dogs and cats 76 cases (1995-2006). J Am Vet Med Assoc 2007, 8: 1184-1189.

Bezwada R, Jamiolkowski D, Lee IY, Agarwal V, Persivale J, Trenka-Benthin S, Emata M, Suryadevara J, Yang A, Liu S. Monocryl suture, a new ultra-pliable absorbable monofilament suture. Biomaterials 1995, 16: 1141-1148.

Boothe H. Managing Traumatic Urethral Injuries. Clin Tech Small An P 2000, 1: 35-39.

Boothe H. Penis & Prepuce. Teoksessa: Johnston S & Tobias K (toim.) Veterinary Surgery Small Animal. 2. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2012, 2158-2167.

Boothe H. Instrumentation, surgical instruments. Teoksessa: Johnston S & Tobias K (toim.) Veterinary Surgery Small Animal. 2. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2012, 493-522.

Brons A, Henthorn P, Raj K, Fitzgerald C, Liu J, Sewell A, Giger U. SLC3A1 and SLC7A9 Mutations in Autosomal Recessive or Dominant Canine Cystinuria: A New Classification System. J Vet Intern Med 2013, 27: 1400-1408.

Calabro S, Tudisco R, Bianchi S, Grossi M, Bonis A, Cutrignelli M. Management of struvite uroliths in dogs. Brit J Nutr 2011, 106: 191-193.

Cinti F, Pisani G, Carusi U, Buracco P. Urethrotomy of the glans penis in three male dogs with urolithiasis. J Small Anim Pract. 2015, 56: 671–674.

Cohen E, Kirschenbaum A, Glenn J. Preclinical evaluation of PDS (polydioxanone) synthetic absorbable suture vs chromic surgical gut in urology surgery. Urology 1987, 4: 369-372.

Cuddy L, McAlinden A. Urethra. Teoksessa: Johnston S & Tobias K (toim.) Veterinary Surgery Small Animal. 2. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2012, 2234-2253.

Dean P, Hedlund C, Lewis D, Bojrab M. Canine urethrotomy and urethrostomy. Comp Contin Ed Pract Vet 1990, 12: 1541-1554.

Degner D, Walshaw R. Healing responses of the lower urinary tract. Vet Clin N Am-Small 1996, 2: 197-206.

De Lahunta E. Miller`s Anatomy of the Dog. 4. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2013, 416-468.

Desch J, Wagner S. Urinary Bladder Incisions in Dogs: Comparison of Ventral and Dorsal. Vet Surg 1986, 2: 153–155.

Escolar E, Bellanato J, Rodriguez M. Study of Cystine Urinary Calculi in Dogs. Can J Vet Res 1991, 55:67-70.

Evira 2016. Mikrobilääkkeiden käyttösuositukset eläinten tärkeimpiin tulehdus- ja tartuntatauteihin.

https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijat/elainten-pito/elainten-laakitseminen/mikrobilääkkeiden_kayttosuositukset_fi_2.pdf, haettu 26.2.2021.

Florey J, Ewen V, Syme H. Association between cystine urolithiasis and neuter status of dogs within the UK. J Small Anim Pract 2017, 58: 531-535.

Grant D, Harper T, Werre S. Frequency of incomplete urolith removal, complications, and diagnostic imaging following cystotomy for removal uroliths from the lower urinary tract in dogs: 128 cases (1994-2006). J Am Vet Med Assoc 2010, 7: 763-766.

Greenberg C, Davidson E, Bellmer D, Morton R, Payton M. Evaluation of the tensile strengths of four monofilament absorbable suture materials after immersion in canine urine with or without bacteria. Am J Vet Res 2004, 6: 847-853.

Horn C. Principles of Minimally Invasive Surgery. Teoksessa: Fossum T (toim.) Small Animal Surgery. 4. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2013: 153.

Jacinto A, Mellanby R, Chandler M, Bommer N, Carruthers H, Fairbanks L, Gow A. Urine concentrations of xanthine, hypoxanthine and uric acid in UK Cavalier King Charles spaniels. J Small Anim Pract 2013, 54: 395-398.

Jens B, Bjorling D. Suture selection for lower urinary tract surgery in small animals. Compend Contin Educ Small Anim Pract 2001, 23: 524.

Julian T, Ravitch M. Closure of the Urinary Bladder with Stainless Steel and Absorbable Staples. Ann Surg 1986, 2: 186-192.

Layton C, Ferguson H, Cook J, Guffy M. Intrapelvic Urethral Anastomosis. Vet Surg 1987, 2: 175-182.

Lekcharoensuk C, Lulich J, Osborne C, Pusoonthornthum R, Allen T, Koehler L, Ulrich L, Carpenter K, Swanson L. Patient and environmental factors associated with calcium oxalate urolithiasis in dogs. J Am Vet Med Assoc 2000, 4: 515-519.

Lipscomb V. Bladder. Teoksessa: Johnston S & Tobias K (toim.) Veterinary Surgery Small Animal. 2. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2012, 2219-2233.

Low W, Uhl J, Kass P, Ruby A, Westropp J. Evaluation of trends in urolith composition and characteristics of dogs with urolithiasis: 25,499 cases (1985-2006). *J Am Vet Med Assoc* 2010, 2: 193-200.

Lulich J. Voiding urohydropropulsion: An alternative to cystotomy. *Vet Quart* 1997, 19: 30-31.

Lulich J, Berent A, Adams L, Westropp J, Bartges J, Osborne C. ACVIM Small Animal Consensus Recommendations on the Treatment and Prevention of Uroliths in Dogs and Cats. *J Vet Intern Med* 2016, 30: 1564-1574.

Lulich J, Osborne C, Albasan H. Canine and feline urolithiasis: diagnosis, treatment, and prevention. Editors Bartges J and Polzin D. *Nephrology and urology of small animals*. West Sussex (United Kingdom), Wiley-Blackwell 2011: 687–706.

Lulich J, Osborne C, Albasan H, Monga M, Bevan J, Efficacy and safety of laser lithotripsy in fragmentation of urocystoliths and urethroliths for removal in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2009, 234: 1279-1285.

Lulich J, Osborne C, Bartges J, Allen T, Kohler L, Bird K, Unger L, Swanson L. Effects of diets on urate urolith recurrence in Dalmatians. *J Vet Intern Med, ACVIM Abstracts* 1997, 11: 129.

Lulich J, Osborne C, Carlson M, Unger L, Samelson L, Koehler L, Bird K. Nonsurgical removal of urocystoliths in dogs and cats by voiding urohydropropulsion. *J Am Vet Med Assoc* 1993, 5: 660-663.

Lulich J, Osborne C, Sanderson S, Ulrich L, Koehler L, Bird K, Swanson L. Voiding Urohydropropulsion. *Vet Clin N Am-Small* 1999, 1: 283-291.

MacPhail C, Fossum T. *Surgery of the Bladder and Urethra*. Teoksessa: Fossum T (toim.) *Small Animal Surgery*. 4. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2013: 735-777.

McLoughlin M. Surgical Emergencies Of The Urinary Tract. *Vet Clin N Am-Small* 2000, 3: 581-601.

Molea G, Schonauer F, Bifulco G, Angelo D. Comparative study on biocompatibility and absorption times of three absorbable monofilament suture materials (Polydioxane, Poliglecaprone 25, Glycomer 631). *Brit J Plast Surg* 2000, 53: 137-141.

Osborne C. Improving management of urolithiasis: canine struvite uroliths. DVM the newsmagazine of veterinary medicine 2004, 6-11.

Osborne C, Clinton C, Kim K, Mansfield C. Etiopathogenesis, Clinical Manifestations, and Management of Canine Silica Urolithiasis. Vet Clin N Am-Small 1986, 1: 185-208.

Osborne C, Jacob F, Lulich J, Hansen M, Lekcharoensul C, Ulrich L, Koehler L, Bird K, Swanson L. Canine Silica Urolithiasis. Vet Clin N Am-Small 1999b, 1: 213-230.

Osborne C, Lulich J, Kruger J, Ulrich L, Koehler L. Analysis of 451,891 Canine Uroliths, Feline Uroliths, and Feline Urethral Plugs from 1981 to 2007: Perspectives from the Minnesota Urolith Center. Vet Clin Small Anim 2008, 39: 183-197.

Osborne C, Sanderson S, Lulich J, Bartges J, Ulrich L, Koehler L, Bird K, Swanson L. Canine Cystine Urolithiasis. Vet Clin N Am-Small 1999a, 1: 193-211.

Pal K. Urinary bladder wall repair: what suture to use? Brit J Urol 2008, 82: 196-198.

Pressler B, Mohammadian L, Li E, Vaden S, Levine J, Mathews K, Robertson I. In vitro prediction of canine urolith mineral type composition using computed tomographic mean beam attenuation measurements. Vet Radiol Ultrasoun 2004, 3: 189-197.

Radasch R, Merkley D, Wilson J, Barstad R. Cystotomy Closure: A Comparison of the Strenght of Appositional and Inverting Suture Patterns. Vet Surg 1990, 4: 283-288.

Rasmussen F. Healing of Urinary Bladder Wounds. Connect Tissue Res 2016, 470-475.

Rawlings C, Mahaffey M, Barsanti J, Canalis C. Use of laparoscopic-assisted cystoscopy for removal of urinary calculi in dogs. J Am Vet Med Assoc 2003, 6: 759-761.

Schiller T, Stone E, B Gupta. *In Vitro* Loss of Tensile Strength and Elasticity of Five Absorbable Suture Materials in Sterile and Infected Canine Urine. Vet Surg 1993, 3: 208-212.

Smeak D. Urethrotomy and Urethrostomy in the Dog. Clin Tech Small An P 2000, 1: 25-34.

Stafford J, Bartges J. A clinical review of pathophysiology, diagnosis, and treatment of uroabdomen in the dog and cat. J Vet Emerg Crit Care 2013, 2: 216–229.

Sturgess K. Dietary management of canine urolithiasis. *Companion Anim Pract* 2009, 31: 306-312.

Tan R, Bell R, Dowling B, Dart A. Suture materials: composition and applications in veterinary wound repair. *Aust Vet J* 2003, 3: 140-145.

Thieman-Mankin K, Ellison G, Jeyapaul C, Glotfelty-Ortiz C. Comparison of short-term complication rates between dogs and cats undergoing appositional single-layer or inverting double-layer cystotomy closure: 144 cases (1993–2010). *J Am Vet Med Assoc* 2012, 1: 65–68.

Tobias K, Tillson D. Kidneys. Teoksessa: Johnston S & Tobias K (toim.) *Veterinary Surgery Small Animal*. 2. p. Mosby Elsevier, St. Louis, Missouri 2012, 2184-2201.

Vasseur P, Levy J, Dowd E, Eliot J. Surgical infection rates in dogs and cats: Data from a teaching hospital. *Vet Surg* 1988, 2: 60-64.

Waldron D, Hedlund C, Tanger C, Watters J, Turk J, Cox H. The Canine Urethra: A Comparison of First and Second Intention Healing. *Vet Surg* 1985, 3: 213-217.

Weber W, Boothe H, Brassard J, Hobson P. Comparison of the healing of prescrotal urethrotomy incisions in the dog: sutured versus nonsutured. *Am J Vet Res* 1985, 46: 1309-1315.

Weichselbaum R, Feeney D, Jessen C, Osborne C, Dreytser V, Holte J. Urocystolith Detection: Comparison of Survey, Contrast Radiographic and Ultrasonographic Techniques in an *In Vitro* Bladder Phantom. *Vet Radiol Ultrasoun* 1999, 4: 386-400.

Widmer W, Biller D, Adams L. Ultrasonography of the urinary tract in small animals. *J Am Vet Med Assoc* 2004, 1: 46-54.